

# Zum Thema

Es gibt Krankheiten, die ganz plötzlich auftreten, starke Schmerzen verursachen, besonders auffällige Symptome bieten – und daher »bekannt« sind. Die Beschwerden sind unübersehbar, und sie führen rasch zum Arzt. Er soll lindern, helfen, heilen. Aber es gibt auch schleichende, lange Zeit stumme Krankheiten, an die man sich fast gewöhnt, die man als normale Verschleißerscheinung und Altersfolge toleriert, mit denen man leben zu müssen glaubt. Zu dieser Kategorie gehört die Osteoporose, der Knochenschwund. In den letzten Jahren ist erfreulich intensiv über diese besonders im Alter sehr häufige und keineswegs harmlose Krankheit informiert worden. In Deutschland sind schätzungsweise über acht Millionen Menschen an einer Osteoporose unterschiedlichen Grades erkrankt; zwei Millionen der betroffenen Frauen und knapp eine Million Männer haben Wirbelkörperbrüche; jährlich kommt es zu etwa 150 000 Oberschenkelhalsbrüchen.

Die Osteoporose stellt zweifellos ein schwerwiegendes medizinisches, aber auch soziales Problem dar. Insbesondere gilt das für all die Länder, in denen der Anteil älterer Menschen in der Bevölkerung – dank der höheren und weiter zunehmenden Lebenserwartung – groß ist. In Deutschland kommen derzeit auf sieben Erwerbspersonen (d. h. auch Beitragszahler zur gesetzlichen Rentenversicherung) drei Rentner; im Jahr 2030 wird dieses Verhältnis wahrscheinlich nur noch 5:3 betragen. Altersbedingte Veränderungen und Krankheiten, die im Alter gehäuft vorkommen, haben daher zunehmend große Relevanz. Das gilt für den einzelnen Betroffenen, aber auch für die Angehörigen und die gesamte Gesellschaft. Und gerade unter dem immer heftiger diskutierten Kostenaspekt im Gesundheits- und Sozialwesen, der befriedigender Lösungen harrt, angesichts der fortgesetzten Debatten, wie die Pflegemöglichkeiten bei chronisch Kranken gesichert werden können, werden Vorbeugung und Frühbehandlung immer wichtiger.

Osteoporose gehört neben Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen zu einer der häufigsten Volkskrankheiten. In Deutschland bekommt etwa jede dritte Frau nach den Wechseljahren Knochenschwund.

Wegen der steigenden Lebenserwartung gewinnt auch die Osteoporose immer mehr an Bedeutung.

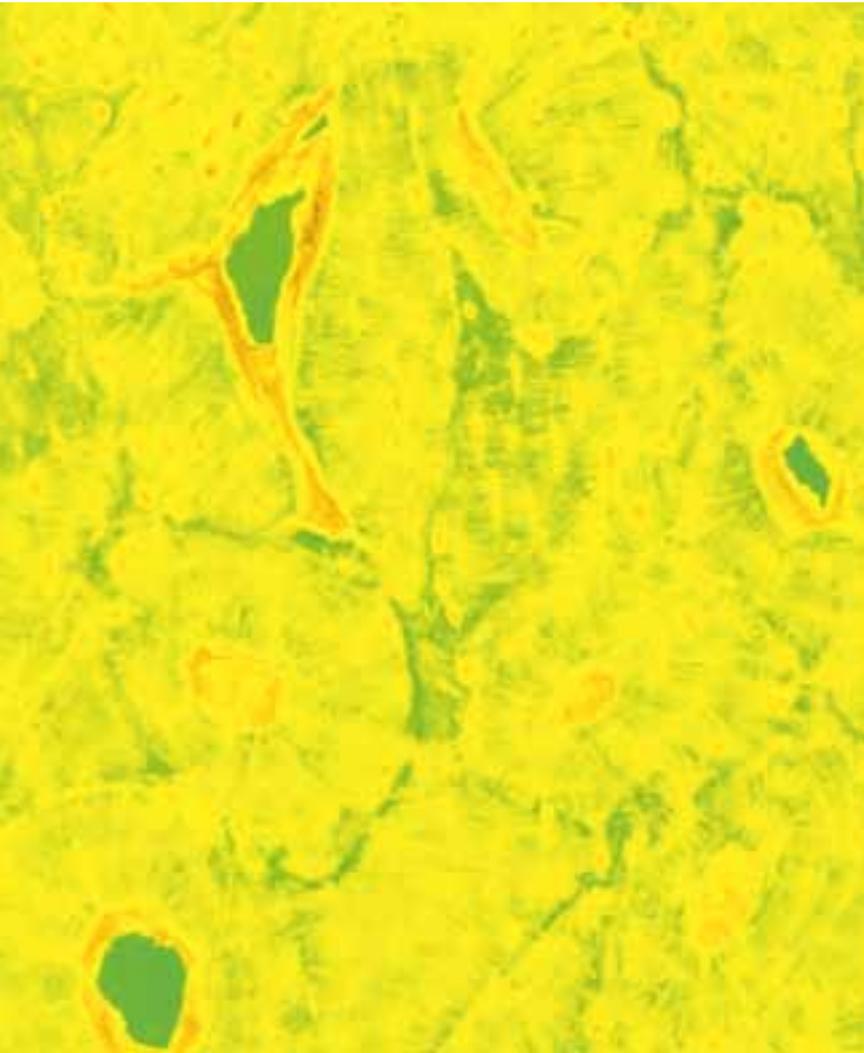
Osteoporose ist kein unausweichliches Schicksal im Alter: Sie können ihr vorbeugen.

Osteoporose ist keine »neue« Krankheit. Neu ist allerdings die Aufmerksamkeit, die man ihr jetzt schenkt. Viele von uns haben bedauernswerte Schicksale in der eigenen Familie erlebt: die Großmutter, die sich nach einem Oberschenkelbruch nie wieder richtig erholte, der Großvater, der sich bei einem harmlosen Fall den Arm brach, oder die Tante, die unter einer Wirbelsäulenverbiegung litt und über starke Schmerzen klagte. »Tribut an das Alter«, hört man oft. Aber: Ist Alter zwangsläufig mit Schmerzen und Gebrechen gekoppelt? Älterwerden ist unser aller Los; dazu gibt es keine Alternative. Im Alter gehäuft, aber nicht selten auch schon vorzeitig auftretende Leiden wie die Osteoporose sind aber nicht einfach unvermeidlich. Man kann ihnen vorbeugen, kann sie eindämmen, kann die Krankheit in bestimmtem Maße heilen. Das ist zumeist langwierig und erfordert Geduld, Verständnis, Engagement und gemeinsames Vorgehen von Experten und Laien, von Ärzten und Patienten. Das »Kuratorium Knochengesundheit e. V.« (KK) z. B. ist die älteste gemeinnützige patientenorientierte Organisation im Kampf gegen die Osteoporose. Es ist Gründer der »Aktionswochen Osteoporose«, heute international abgelöst durch den Weltosteoporosetag der IOF (International Osteoporosis Foundation).

Das Ziel des KK ist es, bewährte Verfahren zur Vorbeugung der Osteoporose zu propagieren und durchzusetzen. Kein leichter Weg, aber die zuverlässigste Möglichkeit, dem Knochenabbau mit all seinen Folgen zuvorzukommen. Das erforderliche Wissen darüber will dieses Buch vermitteln.

# Das Knochensystem – Bau und Funktion

Das menschliche Skelett besteht aus über 200 Knochen. Jeder einzelne erfüllt eine bestimmte Funktion und unterliegt einem ständigen Wechsel von Auf- und Abbau – Vorgänge, die wir normalerweise weder sehen noch spüren. Wie lebendig diese vermeintlich statische Knochensubstanz in Wirklichkeit doch ist, will das folgende Kapitel zeigen.



# Das Knochensystem – Bau und Funktion



Beweglichkeit und aufrechte Körperhaltung sind nur durch das Zusammenspiel von Gelenken, Sehnen, Bändern und Muskeln möglich.

## Skelett, Muskeln, Bänder: Stützgerüst und Schutzmantel

»Knochenhart« – das ist geradezu der Inbegriff für Festigkeit und Stabilität. Das Bild ist jedoch falsch. Die Knochen sind keinesfalls unveränderlich, stahlhart und massiv. Sie verändern sich im Laufe des Lebens, wachsen, passen sich Belastungen an – oder sie verkümmern, wenn sie zu wenig beansprucht werden. Das scheinbar so statische Knochensystem lebt und reagiert auf innere und äußere Faktoren, um seiner Funktion gerecht zu werden.

Das Skelett ist das Stützgerüst unseres Körpers, aber auch Schutzschild für lebenswichtige Organe wie etwa der Schädel für das Gehirn, die Wirbelsäule für das Rückenmark oder Rippen und Brustkorb für Herz und Lunge. Eine menschliche Besonderheit ist der aufrechte Gang. Um diese Körperhaltung zu ermöglichen, sind Gelenke

nötig, die die Knochenenden miteinander verbinden. Ferner bedarf es der Sehnen und Bänder, die das Knochengestänge »verspannen« (s. jeweils Bild links). Bandscheiben zwischen den Wirbelkörpern dienen als Stoßdämpfer, Nervenzellen als Meldestellen und Muskeln zum Halten und Heben.

# Das Knochensystem – Bau und Funktion

Die Knochen sind also eingebunden in ein ausgefeilt gesteuertes System, den so genannten **Stütz- und Bewegungsapparat**. Knochen müssen fest und doch untereinander beweglich, stabil und doch anpassungsfähig, hart und doch möglichst leicht, **elastisch** und doch **formstabil** sein. All das sind scheinbar unlösbare Gegensätze, die der spezielle Aufbau der Knochen aber miteinander vereint.

## Aufbau des Knochens – von außen nach innen

- Knochenhaut (*Periost*)
- Massive und feste Rinde (*Kortikalis*)
- Schwammknochen (*Spongiosa*) aus einem Geflecht von Knochenbälkchen
- Knochenmark

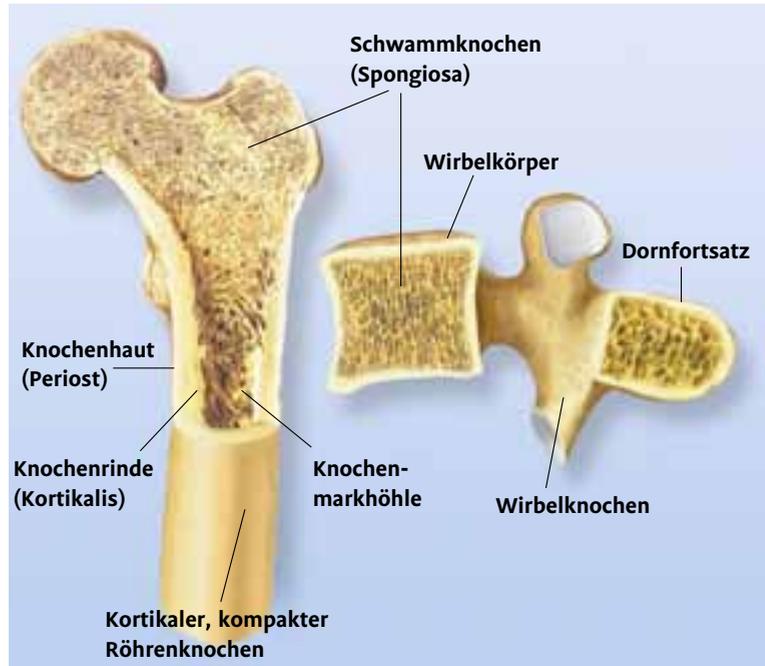
Bälkchen und Rinde spielen eine »tragende« Rolle.

Knochen bestehen, wie im Textkasten zu sehen, aus **unterschiedlichen Geweben**. Ihr Anteil schwankt, je nachdem um welchen Knochen es sich handelt. So bestehen die einzelnen Wirbelkörper (der Wirbel) fast ausschließlich aus Knochenbälkchen (*Spongiosa*) mit einer nur dünnen Rinde. Die langen so genannten Röhrenknochen an Armen und Beinen enthalten dagegen hauptsächlich kompakte Knochenrinde (*Kortikalis*); nur an den beiden Enden finden sich auch hier größere Mengen von Knochenbälkchen (s. Abb. 1, Seite 18). Die Knochenbälkchen könnte man mit den Streben einer Stahlbrücke bzw. einer Stahlkonstruktion vergleichen. Sie sind stets so angeordnet, dass sie dem Knochen die größtmögliche Stabilität bei geringstmöglichem Materialbedarf geben (s. Abb. 2, Seite 19).

Alles in allem sind nur etwa ein Fünftel aller Knochen unseres Körpers spongios. Dafür ist dieses Fünftel aber vermehrt anfällig für Auf- und Abbauvorgänge, und damit auch für **Knochenschwund**. Die mögliche, unangenehme Folge: schmerzhafteste Knochenbrüche.

In verschiedenen Schwammknochen, z.B. in Schädelknochen, Rumpf- und Handwurzelknochen, befindet sich das »rote Kno-

# Das Knochensystem – Bau und Funktion



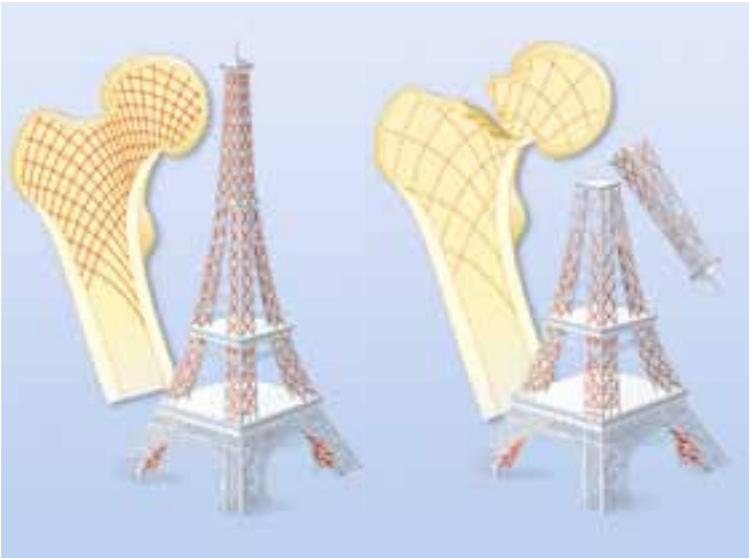
**Abb. 1 Röhrenknochen – Schwammknochen**, die zwei Knochentypen. Der Hüft- bzw. Oberschenkelknochen enthält als Röhrenknochen viel kompakte Knochenrinde, aber auch Schwammknochen. Der Wirbelknochen ist voller Schwammknochen.

chenmark«. Es enthält Blutstammzellen, aus denen die lebensnotwendigen Blutzellen gebildet werden: die roten Blutkörperchen für den Sauerstofftransport, die weißen Blutkörperchen für die Infektionsabwehr, die Blutplättchen für die Blutgerinnung. Wie jegliches Bauwerk auch, so besteht der Knochen nicht nur aus einem einzigen Material, sondern aus einem Verbund verschiedener Stoffe. Das sind in erster Linie anorganische (mineralische) und organische (Eiweiß-)Komponenten.

# Das Knochensystem – Bau und Funktion

Sein Gewebe ist chemisch aus winzigen Kalziumphosphatkristallen aufgebaut, die in ein dichtes Geflecht von Eiweißfäden (*Kollagen*) eingebettet sind. Die Kalziumphosphatverbindung, chemisch *Hydroxylapatit* genannt, verleiht dem Knochen Härte und Festigkeit; die Kollagenfasern erhalten ihn gleichzeitig biegsam und liefern das Gerüst für den sich neu bildenden Knochen. Die Festigkeit des Knochens ist aber nicht nur abhängig von der Menge des Hydroxylapatits, sondern auch von seiner inneren »Architektur«. So wirkt der Schwammknochen recht zart, seine Stabilität und Tragfähigkeit ist durch seine Gitterkonstruktion aber doch sehr hoch (s. Abb. 2).

Zu den Grundbausteinen des Knochens gehören Mineralien, v. a. Kalziumphosphat, und Eiweißstoffe. Die Kalziumkristalle und Eiweißfäden bilden ein dichtes Geflecht.



**Abb. 2 Stabilitätsfaktor Knochenbälkchen.** Die roten Linien symbolisieren die Knochenbälkchen. Sie sind – wie hier am Hüftknochen – so angeordnet, dass Druck- und Zugkräfte optimal aufgefangen werden. Vermehrter Abbau von Knochensubstanz bei Osteoporose zerstört diese stabile Gitterstruktur, die einer Stahlkonstruktion ähnelt.

# Das Knochensystem – Bau und Funktion

Der Nachteil dieser eigentlich positiven Fähigkeit des Knochens zum Wechselspiel: Wenn der Abbau aus irgendeinem Grund überwiegt, wird daraus z. B. Osteoporose ...

Diese drei »Osteo-Spezialisten« ermöglichen Aufbau- und Abbauvorgänge im Knochen.

## Das »Patent« des Knochengewebes

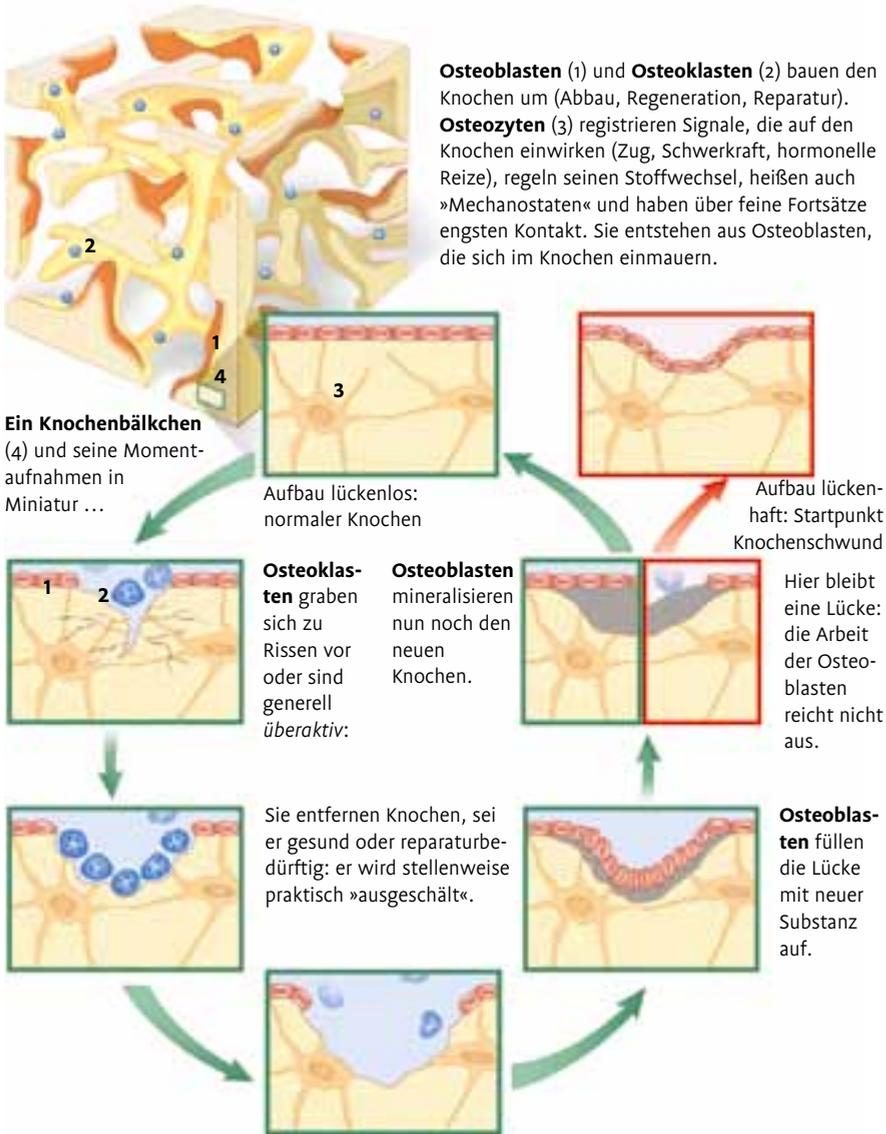
Im Laufe des Lebens wächst der Knochen, er verformt sich in Abhängigkeit von Zug- und Druckbelastungen, und er ist sogar in der Lage, bei Knochenbrüchen oder Rissen sich selbst zu reparieren, indem neues Knochengewebe die Bruch- bzw. Rissstellen kittet (s. Abb. 3, Seite 21). Das Knochengewebe unterliegt also einem ständigen Wechsel von Abnutzung und Erneuerung. Die Fähigkeit des Knochens, sich trotz seiner Festigkeit an die jeweiligen Beanspruchungen anzupassen und zu verändern, verdankt er einem wirkungsvollen »Patent« des Knochengewebes, nämlich speziellen Zelltypen. Man unterscheidet so genannte Knochenfresszellen, die *Osteoklasten*, knochenbildende Zellen, die *Osteoblasten*, und die eigentlichen Knochenzellen, die *Osteozyten*.

### Die Knochenzellen und ihre Aufgaben

- **Osteoklasten:** bauen Knochen ab, wenn er nicht mehr entsprechend belastet wird oder wenn Störungen im Knochenstoffwechsel vorliegen.
- **Osteoblasten:** bilden neuen Knochen, lassen ihn wachsen und bei Brüchen heilen.
- **Osteozyten:** gehen aus Osteoblasten hervor; sie beeinflussen die Osteoblasten und Osteoklasten, deren Funktionen wiederum eng miteinander verknüpft sind. Die Osteozyten regeln den Stoffwechsel in Abhängigkeit von der Muskelkraft und werden deshalb auch Mechanozyten bzw. Mechanostaten genannt.

Wie bereits zu Beginn dieses Abschnittes erwähnt, laufen im Körper immer wieder Knochenabbau- sowie An- bzw. Aufbauvorgänge ab – und zwar nach festen Regeln in mehreren Schritten.

# Das Knöchensystem – Bau und Funktion



**Abb. 3 Knochenaufbau: Lückenlos oder lückenhaft?** Wenn Abbau, Umbau und Aufbau aus dem Gleichgewicht geraten (negative »Bilanz«), kommt es zum Knochenschwund.

# Das Knochensystem – Bau und Funktion

»Baustelle Knochen«:  
Reparatur- bzw. Umbau-  
vorgänge nehmen hier  
bis zu drei Monate in  
Anspruch und wiederho-  
len sich ständig.

Wie auch in Abbildung 3 zu sehen, graben die großen Osteoklasten an den »Umbaustellen« im Knochen kleine Vertiefungen und Hohlräume. Diese werden von einer Vielzahl der kleineren knochenaufbauenden Osteoblasten ausgefüllt. Sie bilden nun die Knochengrundsubstanz. Nach etwa zehn Tagen werden mit Hilfe der Osteoblasten Kalzium und Phosphor in dieses Gerüst eingebaut. Parathormon sowie Vitamin D sind ebenfalls daran beteiligt (s. Seite 26). Der Knochen wird fester.

## Der Knochenstoffwechsel

Wenn man die Vorgänge bei der Osteoporose besser verstehen möchte, ist es hilfreich, einige Grundvorgänge des Knochenstoffwechsels zu kennen.

### »Bankkonto« Knochen

Der kindliche Knochen bzw. das kindliche Skelett zeigt noch wenig Stabilität. Es ist zart und elastisch. Mit zunehmender körperlicher Bewegung und Belastung wächst der Knochen, er passt sich den Beanspruchungen an. Bei Kindern sind insbesondere an beiden Enden der langen Röhrenknochen von Armen und Beinen gelenkbildende, knorpelige Bereiche (*Epiphysen*) vorhanden. Das Wachstum der Röhrenknochen geht von Knorpelleisten zwischen dem Knochenschaft und den Gelenkenden aus. Diese Wachstumsfugen oder *Epiphysenfugen* bleiben bis zum Ende des Längenwachstums, also etwa bis zum 20. Lebensjahr, erhalten. Dann verkalken sie – das Wachstum ist beendet, der Körper ist im wahrsten Wortsinne »erwachsen«. Das Skelett trägt das Gewicht des gesamten Körpers – selbst macht es nur etwa zehn Prozent des Körpergewichts aus! Diese Last kann kurzzeitig beim Gehen, Laufen oder beim Anheben von schweren Gegenständen weit über 100 Kilo-

# Das Knochensystem – Bau und Funktion

gramm, bei Extrembelastung – wie z. B. einem Fall oder bei Sprüngen – sogar mehrere 100 Kilogramm betragen.

Die Knochenmasse, also das Gewicht aller Knochen des menschlichen Organismus zusammengenommen, erreicht ihr Maximum um das 30. Lebensjahr. Diese **maximale Knochenmasse** nennt man auch »Spitzenknochenmasse«. Bis zu diesem Zeitpunkt sollten Sie durch einen entsprechenden Lebensstil und kalziumreiche Ernährung (s. ab Seite 82) versuchen, ein möglichst großes »Bankkonto« Knochensubstanz als Schatz und Reserve für das Alter aufzubauen. Denn nach kurzer Zeit der Stabilität verliert der Knochen bereits ab dem vierten Lebensjahrzehnt jährlich etwa ein Prozent seiner Masse. Dieser **allmähliche Knochenmasseverlust** entspricht dem **natürlichen Alterungsprozess** und ist auch nicht vermeidbar.

Nach den Wechseljahren kann der Knochenschwund jedoch ganz rasch und massiv eintreten und sich krankhaft – als **Osteoporose** – bemerkbar machen. Wird dabei eine bestimmte Menge an Knochenmasse unterschritten, leidet die Stabilität des Knochens darunter. Es besteht die Gefahr, dass Brüche spontan auftreten. Diese Grenze bezeichnet man deshalb auch als »Knochenbruchgrenze« (s. Abb. 14, Seite 71).

Die Belastbarkeit der Knochen im Alter hängt also im Wesentlichen davon ab, wie groß das »Startkapital« an Knochensubstanz ist oder wie früh und wie stark der Verlust einsetzt, und natürlich auch davon, ob man aktiv einem vorzeitigen und übermäßigen Abbau entgegenwirkt.

## Hormone steuern den Knochenstoffwechsel

Im menschlichen Organismus arbeiten zwei Kommunikationssysteme, die Lebensfunktionen anregen oder hemmen und das

Im Säuglingsalter enthält der Knochen nur etwa 30 Gramm Kalzium. Im erwachsenen Knochensystem sind dagegen immerhin 1,0 bis 1,5 Kilogramm Kalzium eingelagert.



*Die Aktivität der knochenbildenden Osteoblasten lässt im Alter nach, sodass der Einfluss der knochenabbauenden Osteoklasten überwiegt.*

# Das Knochensystem – Bau und Funktion

Hormone regeln auch Aufbau- und Abbauprozesse im Knochen.

Zusammenspiel verschiedener Organe steuern: das Nervensystem und das Hormonsystem. Im Folgenden soll es um die Hormone gehen. Kleinste Mengen dieser hochwirksamen körpereigenen Signal- oder Botenstoffe können erhebliche Funktionsänderungen auslösen. Zumeist wirken verschiedene Botenstoffe auf ein Gewebe in unterschiedlicher Weise ein. Besonders wichtig sind Hormone auch für den Knochenstoffwechsel. Ein eigenes, hoch spezialisiertes Hormonsystem aus drei Komponenten – den »Knochenhormonen« – übernimmt dessen Regulation.

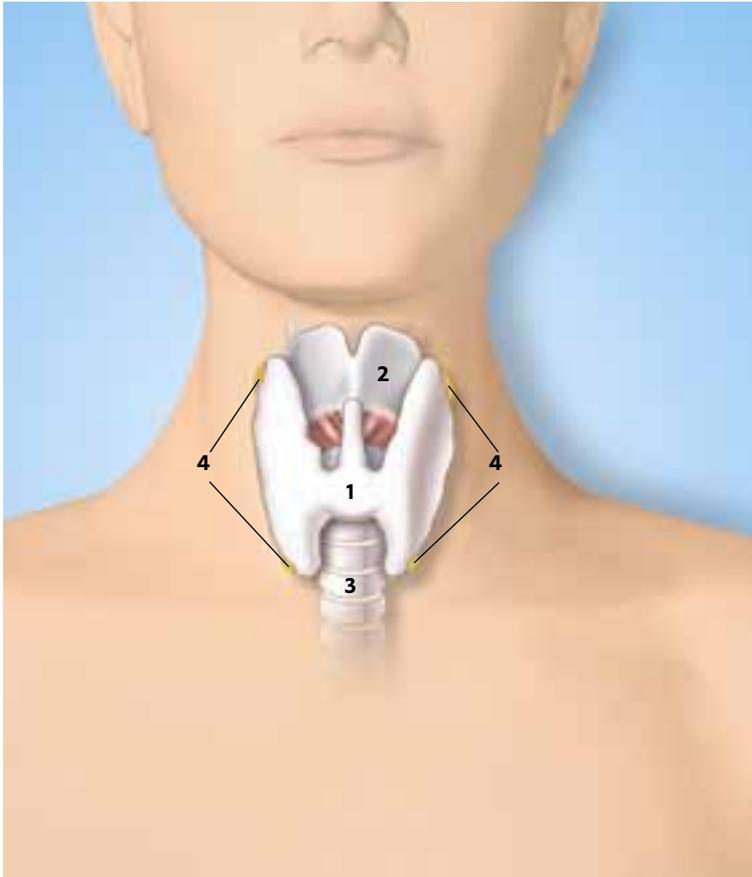
## Die »Knochenhormone«

Sie wirken also unmittelbar auf den Knochenstoffwechsel ein und arbeiten bei der Regulation eng zusammen. Es sind drei »Spezialisten« ganz unterschiedlicher Herkunft, nämlich:

- das Parathormon (aus den Nebenschilddrüsen),
- Vitamin-D-Hormon (ein Stoffwechselprodukt),
- Kalzitinin (aus der Schilddrüse).

Wichtigstes Ergebnis des Zusammenspiels dieser Hormone: Es wird genügend Kalzium in das Skelett eingebaut, der Knochen wächst und wird stabil, er schafft sich ein gutes »Polster« für das Alter. Der Knochenabbau ist ebenfalls hormonell geregelt. Alles das sind Voraussetzungen für Reparaturen bei Knochenbrüchen, für die Anpassung des Knochenbaus an individuelle Tätigkeiten und Belastungen sowie für die Verhinderung eines überzogenen Knochenschwundes. Das Blutkalzium wird dabei erstaunlich konstant gehalten, obwohl große Kalziummengen in die Knochen eingebaut oder daraus freigesetzt werden.

Das **Parathormon** wird in den vier winzigen Nebenschilddrüsen (s. Abb. 4), die unmittelbar oberhalb und hinter der Schilddrüse liegen, gebildet. Es wird dann tätig, wenn Kalzium im Blut absinkt.



**Abb. 4 Fleißige Produzentinnen.** Die **Schilddrüse (1)** bildet neben den eigentlichen Schilddrüsenhormonen auch das »Knochenhormon« *Kalzitonin*. An der Rückseite der Schilddrüse, die unterhalb des **Kehlkopfs (2)** vor der **Luftröhre (3)** liegt, befinden sich die vier weizenkorngroßen **Nebenschilddrüsen (4)**. Hier entsteht *Parathormon*.

# Das Knochensystem – Bau und Funktion

Das Parathormon sorgt dafür, dass der Kalziumgehalt im Blut ausreichend hoch bleibt – notfalls auch zu Ungunsten des Knochens.

Denn es ist für den Organismus wichtig, diesen Wert ausreichend konstant zu halten.

## Parathormon erhöht den Kalziumspiegel im Blut

- Es aktiviert das Vitamin-D-Hormon, dadurch wird mehr Kalzium über den Darm aus der Nahrung aufgenommen.
- Es regt den Knochenabbau – also die Osteoklasten – an, sodass aus dem Knochenspeicher Kalzium herausströmt.
- Es signalisiert der Niere, Kalzium nicht endgültig über den Harn auszuscheiden, sondern dem Blutstrom wieder zuzuführen.

**Übrigens:** In niedrigen Konzentrationen (z. B. auch als Arzneimittel, s. dazu Seite 122) bewirkt Parathormon einen Knochenanbau – es schleust Kalzium aus dem Blut in den Knochen.

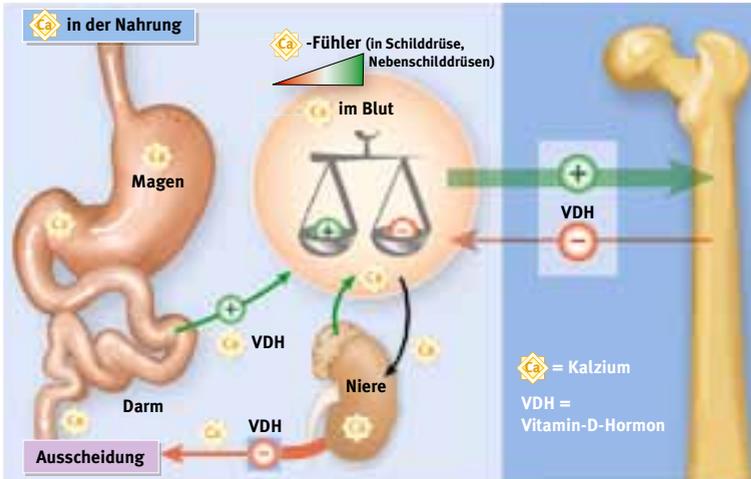
## INFO

Vitamin D ist in seiner aktiven Form eher ein Hormon als ein Vitamin. Die Bezeichnung »Vitamin D« bezieht sich auf eine ganze Substanzfamilie. Wir meinen im engeren Sinn meist das Vitamin D<sub>3</sub> oder das Vitamin-D-Hormon.

Das **Vitamin-D-Hormon** entsteht über mehrere Umwandlungsschritte im Körper aus Vitamin D<sub>3</sub>. Eigentlich versteht man unter Vitaminen solche Stoffe, die für den Organismus lebensnotwendig sind, die er jedoch nicht selbst aufbauen kann. Das Vitamin D<sub>3</sub> zeichnet sich jedoch durch eine Besonderheit aus: Zwar kann es der Körper auch aus der Nahrung aufnehmen. Zum größeren Teil aber wird es unter dem Einfluss des ultravioletten Spektrums des Sonnenlichts aus einer Vorstufe in der Haut gebildet. Daraus wird in der Leber die Speicherform hergestellt und in den Fettdepots des Körpers als Reserve aufbewahrt. Die Niere wandelt bedarfsgerecht die Speicherform aus der Leber in das hochwirksame Vitamin-D-Hormon um.

Auf diese Weise kann der Körper auch in den sonnenlichtarmen Wintermonaten (tief stehende Sonne und damit verminderte UVB-Strahlung) ausreichend mit Vitamin D versorgt werden.

# Das Knochensystem – Bau und Funktion



**Abb. 5 Balanceakt:** Dank des aus Vitamin D<sub>3</sub> aufgebauten Vitamin-D-Hormons – aber auch der anderen, hier nicht gezeigten »Knochenhormone«, die vor allem aus Schilddrüse und Nebenschilddrüsen stammen – kann der Körper das Kalzium im Blut konstant halten. Hauptangriffspunkte dieses komplizierten Wechselspiels sind Knochen und Nieren.

## Wirkungen von Vitamin-D-Hormon

- Die Aufnahme von Kalzium aus dem Darm ins Blut wird angeregt.
- Der Einbau von Kalzium in den Knochen wird gesteigert.
- Die Kalziumausscheidung über die Niere wird gesenkt.

**Vorsicht:** Zu viel ist ungesund! Wenn Sie z. B. ein Medikament mit Vitamin D<sub>3</sub> (s. Seite 124) zu hoch dosiert einnehmen, kann es zum Knochenabbau kommen (wird auch aus Abbildung 5 deutlich).

# Das Knochensystem – Bau und Funktion

Allerdings beträgt die Speicherzeit für Vitamin D nur etwa drei Monate. Die verringerte Vitamin-D-Konzentration im Winter wird zusätzlich dadurch gemindert, dass die meisten Menschen in dieser Jahreszeit weniger das Haus verlassen. Die Haut älterer Menschen ist zudem weniger empfänglich für die Wirkung des UVB-Lichtes – ähnlich wie bei der Verwendung von Sonnencreme mit hohem Lichtschutzfaktor.

Kalzitinin existiert auch in der Schreibweise »Calcitonin«, etwa auf Medikamenten-Verpackungen und in den zugehörigen Beipackzetteln.

Das Hormon **Kalzitinin** wird in der Schilddrüse gebildet, jedoch völlig unabhängig von den »eigentlichen« Schilddrüsenhormonen. Es schützt den Knochen vor übermäßigem Einfluss von Parathormon und Vitamin-D-Hormon, also vor einem Knochenstoffverlust.

## Der Gegenspieler Kalzitinin

- Übermäßiger Knochenabbau wird gehemmt.
- Knochenbildende Zellen werden angeregt.
- Der Kalziumgehalt des Blutes wird gesenkt.
- Kalzitinin regelt den Einfluss der beiden anderen Knochenhormone.

## Sexualhormone und »Knochenhormone«: ein Wechselspiel

**Östrogene** bei der Frau oder **Testosteron** beim Mann sind zwar keine eigentlichen »Knochenhormone«, können diese aber in Menge und Wirksamkeit beeinflussen und damit indirekt auch den Knochenstoffwechsel. Sexualhormonmangel kann bei der Frau wie beim Mann zur Osteoporose führen (s. ab Seite 47 und ab Seite 52). Sinken die entsprechenden Hormonspiegel ab (z. B. des Östrogens in und nach den Wechseljahren der Frau), gewinnt der Knochenabbau unter dem Einfluss von Parathormon die Überhand. Zugleich wird weniger Vitamin D aktiviert, sodass weniger

Kalzium über den Darm aufgenommen wird. Zudem verringert sich die Bildung von Kalzitinin, und der Schutz des Knochens vor einem Substanzverlust fällt weg.

Diese Tatsache hat Bedeutung für Osteoporosevorbeugungsmaßnahmen nach den Wechseljahren (s. dazu ab Seite 79). Da aber nicht alle Frauen in den Wechseljahren einen Knochenmasseverlust erleiden, müssen noch andere Risiken hinzukommen, damit sich eine Osteoporose entwickelt. Mehr darüber lesen Sie ab Seite 45.

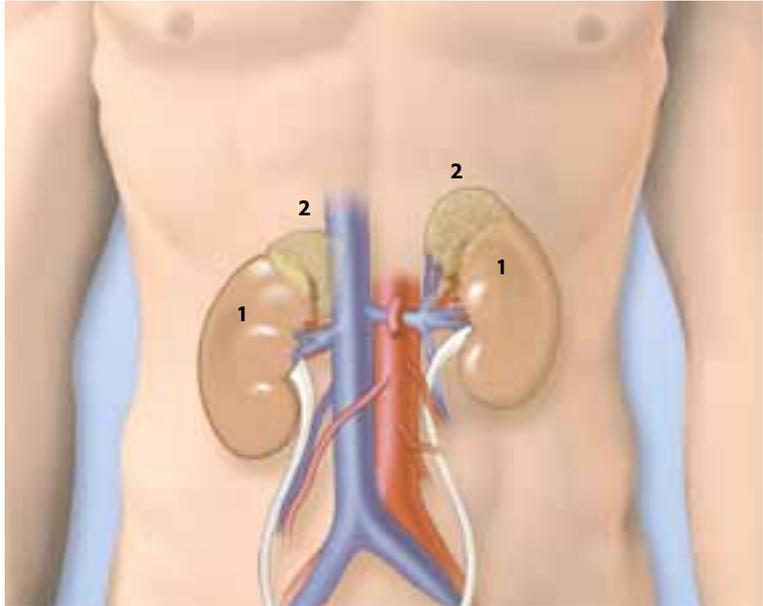
## **Indirekt wirksam: Schilddrüsen- und Nebennierenrindenhormone**

Vor allem die »eigentlichen« Hormone der **Schilddrüse**, *Trijodthyronin* und *Tetraiodthyronin* (s. auch Abb. 4, Seite 25), aber auch Hormone der **Nebenniere** (s. Abb. 6, Seite 30) wirken mittelbar, also indirekt, auf den Knochenstoffwechsel ein.

Ein Überangebot an **Nebennierenrindenhormonen**, z. B. *Kortisol*, führt auf ähnlichem Wege wie ein Östrogenmangel zum Knochen-schwund. Zusätzlich ist auch der Eiweißstoffwechsel (s. dazu Seite 19) des Knochens gestört. Ein Kortisolüberschuss, der entweder durch vermehrte Bildung oder – was häufiger vorkommt – durch eine langfristig notwendige Kortisonbehandlung (beispielsweise bei Asthma oder Rheuma) entstehen kann, hat deshalb oft eine Osteoporose zur Folge (s. Seite 47).

**Schilddrüsenhormone** werden bei der frühen Entwicklung des Skeletts benötigt. Sie regulieren das Wachstum in der Kindheit. Ist zu viel Schilddrüsenhormon vorhanden (beispielsweise bei einer Schilddrüsenüberfunktion), wird der Knochenstoffwechsel gesteigert, und es kommt zum Knochenmasseverlust.

# Das Knochensystem – Bau und Funktion



**Abb. 6 Ebenfalls »knochenwirksam«: Kortisol.** Der als »Stresshormon« bekanntere Stoff wird in zwei kleinen Drüsen über den Nieren (1) – den **Nebennieren (2)** – hergestellt, und zwar in der Rindenzone, also in der Nebennierenrinde.

Fazit: Hormone, die den Knochenstoffwechsel beeinflussen

- Die eigentlichen »Knochenhormone«:
  - Parathormon
  - Vitamin-D-Hormon
  - Kalzitinin
- Östrogen, das weibliche Geschlechtshormon
- Testosteron, das männliche Geschlechtshormon
- Schilddrüsenhormone
- Nebennierenrindenhormone

## Aktive Muskeln – robuste Knochen

Ein Beispiel aus den frühen Jahren der Raumfahrt soll Ihnen den Sachverhalt veranschaulichen: Junge, gesunde Astronauten verloren bereits bei einem Aufenthalt von zwei bis drei Monaten im All große Kalziummengen aus den Knochen. Wieder auf der Erde, hatten sie Mühe, sich aufrecht zu halten und zu gehen. Ihre Muskeln waren dünner und schwächer geworden, und in den Knochen hatte sich eine starke Osteoporose entwickelt.

Auch ohne jemals im All gewesen zu sein, haben Sie vielleicht selbst schon Ähnliches erlebt. Eine schwere Krankheit oder ein Unfall ließen Sie längere Zeit das Bett hüten, oder ein Bein war über Wochen im Gips ruhig gestellt. Danach mussten Sie mühselig wieder laufen lernen. Es dauerte geraume Zeit, bis das eine oder beide »dünnen« Beine wieder Konturen zeigten, d. h. bis die Muskulatur wieder aufgebaut war und auch die Knochen wieder stabiler wurden.

Beiden Beispielen – dem Aufenthalt im schwerelosen Raum und der Ruhigstellung unter Gips – liegt die gleiche Ursache für den Knochenschwund zugrunde: nämlich die verminderte Muskelspannung. Wenn Sie Ihre Muskeln zu wenig betätigen, werden sie schwach und kraftlos. Der Reiz, das heißt Zug und Druck am Knochen, fehlt. Der Knochen reagiert darauf, er verliert an Masse. Bewegungsmangel und fehlende Belastung können also auch zur Osteoporose führen. Man spricht dann von der »Ruhe- oder Immobilisationsosteoporose« (s. auch »Osteoporose beim älteren Menschen«, Seite 41). Mit regelmäßiger Bewegung und Muskelkräftigung können Sie also schon frühzeitig einiges zum Erhalt Ihrer Knochensubstanz beitragen – lange, bevor Osteoporose für Sie überhaupt ein Thema werden könnte. Auch in der Raumfahrt hat man das erkannt. Heute gehört Gymnastik mit zu dem Pro-

Die Schwerelosigkeit im All bewirkt einen Muskel- und Knochenschwund.

Bewegung ist nicht nur für die Muskulatur, sondern auch für die Entwicklung und Erhaltung kräftiger, gesunder Knochen wichtig.

# Das Knochensystem – Bau und Funktion



gramm, das Raumfahrer im All absolvieren müssen, damit sie während dieser Zeit nicht zu viel Muskel- und Knochenmasse verlieren.

Unser Alltag ist heute leider zumeist bewegungsarm. Dabei ist uns die Fähigkeit zur richtigen Bewegung angeboren. In jedem Fall nutzen wir unseren Körper heute anders als unsere Vorfahren. Wir möchten bis ins hohe Alter mobil bleiben, einer Osteoporose vorbeugen und damit Knochenbrüche vermeiden. Klug beraten ist, wer lebenslang regelmäßig Sport treibt. Immer soll die Muskulatur, so gut es geht, gekräftigt werden, was die Knochen stimuliert und zudem den allgemeinen Stoffwechsel günstig beeinflusst. Gymnastikübungen helfen auch dabei, die Muskeln besser aufeinander abzustimmen. Das macht ihr Zusammenspiel harmonischer, »flüssiger«, fördert das Gleichgewicht und hilft, Stürze (und damit auch Knochenbrüche!) zu vermeiden. Mehr dazu auf Seite 141 und ab Seite 145.