



## Quarks & Co „Was Knochen erzählen“

**Autoren:**

Angela Bode  
Torsten Fischer  
Corinna Sachs  
Gerhard Wieghaus  
Claus Zirwes

**Redaktion:**

Daniele Jörg

Knochen dienen unserem Körper als Halt und Stütze, solange wir leben. Wenn wir tot sind, können unsere Knochen immer noch viel über uns und unser Leben erzählen: Die Analyse menschlicher Knochen gibt Aufschluss darüber, wann, wo und wie der betreffende Mensch gelebt hat, wie groß er war, an welchen Krankheiten er gelitten und wovon er sich ernährt hat oder auch wie er gestorben ist. Und das, auch wenn sie schon Hunderte Jahre alt sind.

Manchmal haben Knochen-Forscher besonderes Glück: So wurden jetzt in Tasdorf bei Berlin 400 gut erhaltene Skelette aus dem Mittelalter und der frühen Neuzeit gefunden. Wir stellen diesen einmaligen Fund vor. Außerdem geht **Quarks & Co** folgenden Fragen nach: Wie verändert sich das Skelett im Laufe eines Lebens? Was passiert, wenn ein Knochen bricht? Kann man durch das, was man isst, den Knochenaufbau beeinflussen oder Osteoporose vermeiden? Wie wird man ein Fossil? Was hat eine Auto-Karosserie mit einem Knochen zu tun?

Das alles und mehr in "Was Knochen erzählen" von **Quarks & Co**.

# Das Leben des Skeletts



Embryo - etwa 10 Wochen alt, mit ersten Knochen in den Armen und Beinen

## Vor der Geburt

Bereits nach sechs Wochen der embryonalen Entwicklung wandelt sich im späteren Schlüsselbein das Knorpelgewebe zum ersten Knochengewebe um. Eine Woche später mineralisieren auch in den Arm- und Beinknospen feine dünne Knochen. Dieser Prozess beginnt zunächst im Mittelstück des Knochens, der Diaphyse. Die Verknöcherung der Endstücke, der Epiphysen, beginnt mit der Geburt und endet oft erst Jahre später.



Die Schädelknochen können sich während der Geburt verschieben

## Geburt

Bei der Geburt sind die 27 Schädelknochen noch nicht miteinander verbunden, teilweise klaffen noch große Lücken, die so genannten Fontanellen. So können sich die Schädelknochen gegeneinander verschieben, wenn das Kind durch den engen Geburtskanal gedrückt wird. Im Laufe der folgenden drei Jahre schließen sich die Fontanellen. Aber noch ist die Entwicklung des Schädels nicht abgeschlossen, denn die Nahtstellen der Schädelknochen verknöchern nur sehr langsam. Erst im Alter von etwa 40-50 Jahren ist der Schädel eines Menschen endgültig verknöchert.



Bei dem Kleinkind liegt der Körperschwerpunkt wegen des großen Kopfes weiter oben

## Kleinkinder

In den ersten Lebensjahren ist der Kopf eines Kleinkindes im Verhältnis zu seinem Körper sehr groß. Der Schwerpunkt des Körpers liegt deshalb noch weit oben. Das ändert sich im Laufe der ersten Jahre, denn Arme, Beine und Rumpf holen schnell auf. Als Folge davon verschiebt sich der Körperschwerpunkt immer weiter nach unten, so dass das Kleinkind leichter die Balance halten kann.



Solange das Kind wächst, sind Knorpelzellen im Knochen

## Kindheit

Aber wie wachsen Knochen überhaupt? Zwischen Knochenschaft und den Endstücken entwickelt sich zunächst eine dünne Knorpelschicht, die schließlich verknöchert. Bricht diese so genannte Wachstumsfuge, hat das schlimme Folgen: Der Knochen kann nicht mehr richtig weiter wachsen. Die Wachstumsfugen schließen sich zwischen dem 14. und 25. Lebensjahr: Damit ist das Wachstum eines Menschen abgeschlossen.



Die Hormone der Pubertät lassen die Knochen noch schneller wachsen

## Pubertät

Die Hormone der Pubertät lösen einen Wachstumsschub aus. Einige Knochen können jetzt so schnell wachsen, dass sie dem Jugendlichen sogar Schmerzen verursachen. Diese Hormone sind auch dafür verantwortlich, dass die Wachstumsfugen verknöchern und der Mensch nicht mehr weiter wächst. Auf einem Röntgenbild der Handwurzelknochen kann man erkennen, ob das Wachstum beendet ist: Die acht Knochen wachsen mit den Jahren immer weiter aufeinander zu. Stoßen sie schließlich aneinander, ist es ein Anzeichen dafür, dass der Mensch ausgewachsen ist.



Nimmt der Mensch ausreichend Kalzium zu sich und bewegt sich regelmäßig, geht es den Knochen (meist) gut



Mitte 30 beginnt der Abbau: Je weniger man sich bewegt, desto schneller bauen die Knochen ab



Im Alter werden die Knochen oft dünner und spröder



Die Knochen sind oft das Letzte, was vom Menschen übrig bleibt

### Alltag im Knochen

Der Höhepunkt im Leben des menschlichen Skelettes ist im Alter von etwa 25 Jahren erreicht: Jetzt sind die Knochen ausgewachsen und am stabilsten. Es besteht ein Gleichgewicht zwischen Knochen aufbauenden Zellen, den Osteoblasten, und Knochen abbauenden Zellen, den Osteoklasten. Solange der Prozess von Auf- und Abbau gleich schnell abläuft, geht es den Knochen gut. Arbeiten die Osteoklasten jedoch schneller, kann es zum Knochenschwund, der so genannten Osteoporose, kommen.

### Der Abbau beginnt

Je weniger der Mensch sich bewegt, desto schlechter geht es seinen Knochen. Denn der Knochen passt sich den Anforderungen des Lebens an: Wird er regelmäßig belastet, legt er Substanz nach, wird dicker und dichter. Ruht er, wird er schmaler und spröder. Deshalb sind schwere Krankheiten, die einen Menschen ans Bett fesseln, oder auch ein träges Leben die stärksten "Knochenräuber".

### Im Alter

Auch bei noch so gesunder Lebensweise fordert das Alter von den Knochen seinen Preis. Die Stoffwechselprozesse laufen langsamer ab und Brüche heilen nicht mehr so schnell. Feine Risse in den Knochen, die durch eine plötzliche Belastung entstehen können, werden schlechter versorgt.

Besonders Frauen bekommen das nach den Wechseljahren zu spüren: Das Östrogen, das beim Aufbau der Knochenmasse hilft und den Knochenstoffwechsel unterstützt, wird nun zur Mangelware. Als Folge davon baut der Körper weniger Kalzium in die Knochen ein: Die Knochen werden immer poröser. Das kann zu einem Teufelskreis führen: Schmerzende Gelenke und Knochen machen jede Bewegung zur Qual. Doch genau dadurch baut der Knochen noch mehr Masse ab.

### Der Tod

Knochen sind die Teile des Körpers, die den Tod am längsten überdauern. Das liegt vor allem an ihren Bestandteilen: den schwer löslichen Mineralstoffen und den stabilen Kollagenen. Nur in sehr säurereicher Umgebung, wie z. B. im Moor, lösen sich Knochen dennoch schnell auf.

Angela Bode

# Was Sie schon immer über Knochen wissen wollten ...

## Allgemeines

Das Skelett eines neugeborenen Menschen besteht aus mehr als 300 Knochen bzw. Knorpeln. Im Verlauf der Entwicklung wachsen die Knochen teilweise zusammen und werden so immer stabiler und belastbarer. Ein erwachsener Mensch verfügt nur noch über 206 Knochen, die sich zur Hälfte in den Händen und Füßen befinden. Durch Gelenke oder Fugen sind die Knochen miteinander verbunden und verleihen dem Körper Stabilität und Beweglichkeit. Gleichzeitig stellt das Skelett einen Schutz für unsere Organe dar. Herz und Lunge liegen zum Beispiel sicher in unserem Brustkorb.



## Der Schädel ...

... eines Neugeborenen ist weich und sehr elastisch, damit er bei der Geburt gut durch den Geburtskanal der Mutter passt. Er besteht zunächst noch aus 27 verschiedenen Knochen. Bindegewebe füllt die Lücken (Fontanellen) zwischen den Schädelplatten aus. In den ersten Lebensjahren wachsen diese Schädelplatten zu einer Einheit zusammen. Danach lassen sich immerhin noch die Verknöcherungsnähte erkennen. Der Schädel beherbergt außerdem den kleinsten menschlichen Knochen: den Steigbügel im Innenohr. Der Steigbügel stellt zusammen mit den Gehörknöchelchen Hammer und Amboss einen wichtigen Bestandteil unseres Gehörsystems dar.



## Die Wirbelsäule ...

... besteht aus insgesamt 33 Wirbelknochen und bildet die bewegliche Achse unseres Körpers. Sie schützt das empfindliche Rückenmark und verbindet alle anderen Teile des Skeletts miteinander. Die Wirbelsäule verleiht dem Körper die nötige Stützkraft für den aufrechten Gang und federt mit ihrer doppelten S-Form und den Bandscheiben Stöße ab.

## Das Kreuzbein und Steißbein



Als Teil der Wirbelsäule liegen die miteinander verwachsenen Kreuzbeinwirbel zwischen den fünf Lendenwirbeln und dem Steißbein und bilden dort ein festes Fundament. Ohne sie würde unser Oberkörper haltlos in sich zusammensacken. Das Steißbein ist ein Relikt unserer Vorfahren, die an dieser Stelle einen Schwanz hatten. Beim Menschen sind die drei bis vier verschmolzenen Wirbelreste verkümmert; dienen allerdings als Ansatzstelle für Bänder und Muskeln des Beckens.

## Der Brustkorb ...

... besteht aus etwa 70 Knochen. Er erfüllt zwei Funktionen: Einerseits bildet er einen stabilen Schutz für lebenswichtige Organe wie Herz und Lunge; andererseits ist er dank seiner beweglichen Rippen sehr elastisch und ermöglicht damit die Atmung.



### Der Schultergürtel ...

... bildet sich aus dem rückwärtigen Schulterblatt und dem vorderseitigen Schlüsselbein. Im flachen, dreieckigen Schulterblatt ist eine pfannenartige Vertiefung, in die sich der runde Kopf des Oberarmknochens einfügt und so das Schultergelenk formt. Der Arm hat durch dieses Kugelgelenk viel Bewegungsspielraum. Das Schlüsselbein liegt unmittelbar unter der Haut. Es dient als Ansatzpunkt für verschiedene Muskeln.



### Die Hand ...

... besteht aus 27 Knochen. Anhand von Röntgenaufnahmen der Handwurzel können Mediziner errechnen, wie groß ein Mensch wird, da sich die Stellung der Handwurzelknochen mit jeder Wachstumsphase verändert. Jeder Finger, mit Ausnahme des Daumens, besteht aus drei Knochen. Der nur zweigliedrige Daumen ist durch ein Sattelgelenk mit dem Handwurzelknochen verbunden. So kann die Hand Gegenstände umgreifen.

### Der Fuß

Genau wie die Hand besteht auch der Fuß aus einer Vielzahl von Knochen. Die stabile Konstruktion bietet uns Halt und gleichzeitig Beweglichkeit. Immerhin muss der Fuß eines Erwachsenen bei jedem normalen Schritt etwa 450 Kg Druckgewicht aushalten.



### Der Oberschenkel ...

... ist der längste und schwerste menschliche Knochen. Bei einem 1,80 m großen Menschen ist er etwa 50 cm lang, beträgt also mehr als ein Viertel der Standhöhe.



### Das Becken

Der Beckengürtel ist ein kräftiger, stabiler Knochenring. Er trägt die Hauptlast unseres Körpergewichts und ermöglicht, dass wir uns aufrecht halten. Außerdem schützt er die Beckeneingeweide - also Harnblase, Mastdarm und innere Geschlechtsorgane. Das weibliche Becken hat generell einen größeren Umfang als das männliche und ermöglicht damit den Geburtsvorgang.

### Der Arm ...

... besteht aus einem Oberarm- und zwei Unterarmknochen. Sie sind über das Ellenbogengelenk verbunden. Der Oberarm bildet mit dem Schulterblatt das Schultergelenk. Der Unterarm wird von den Knochen Elle und Speiche gebildet. Diese Knochen brechen laut Unfallstatistik am häufigsten und zwar in der Nähe des Handgelenkes.

Torsten Fischer

# Wenn man einen Knochen findet



An einem Knochen lässt sich eine Menge ablesen

## Das "Flüstern" der Knochen

Ein Knochen kann einen ganzen Kriminalroman erzählen, wenn Spezialisten ihn zum Reden bringen. Denn ebenso wie jeder lebende Mensch, ist auch jedes Skelett einzigartig und verbirgt eine Geschichte.



Ein Vergleich gibt Gewissheit: ein menschlicher Knochen

## Mensch oder Tier - männlich oder weiblich?

An erster Stelle steht die Frage, ob es sich um die Reste eines Menschen oder eines Tieres handelt. Vergleicht man Größe und Form der Knochen mit einem Muster-Skelett, gelingt die Bestimmung sehr zuverlässig.

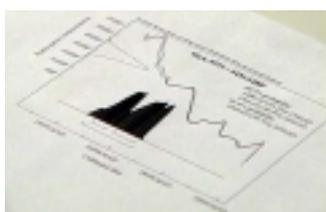
Auch das Geschlecht des Toten lässt sich mit Hilfe der äußeren Form des Knochens bestimmen. Bei Frauen sind die Knochen etwas schmaler und kleiner und die Ansatzstellen der Muskeln sind nicht so stark ausgeprägt wie bei Männern.



Die innere Struktur gibt Aufschluss über das ungefähre Alter

## Das Sterbealter

Die Altersdiagnose des toten Menschen ist schon etwas schwieriger. Zähne kann man aufschneiden und dann an Zuwachsringen das Alter des Toten erkennen. Ein Oberschenkelknochen muss ebenfalls aufgesägt werden. Je älter der Mensch, desto poröser wird das innere Schwammgewebe im Knochen. Vergleichsbilder verraten dann das ungefähre Alter.



Die Messungen der Radiokarbon-Methode können Aufschluss über die Liegezeit geben.

## Ist ein Mord passiert?

Von vorrangiger Bedeutung ist die Frage nach der "Liegezeit", also der Zeitspanne zwischen dem Tod eines Menschen und seiner Auffindung. Schon nach ca. drei Wochen kann eine Leiche bis auf die Knochen verwest sein. Deshalb kann ein blanker Knochen auch die Spur zu einem aktuellen Verbrechen sein. Um die Liegezeit eines Skeletts herauszufinden, können Wissenschaftler zum Beispiel die so genannte Radiokarbon-Methode anwenden. Mit ihrer Hilfe kann man das Alter von Knochen relativ genau berechnen. Stellt sich damit heraus, dass der Knochen schon mehr als hundert Jahre gelegen hat, ist der Fall für die Polizei meist abgeschlossen. Dann ist es die Aufgabe der Archäologen und Anthropologen, den möglichen Ursachen für den Tod dieses Menschen nachzuspüren.

Claus Zirwes

## Sensationeller Fund in Tasdorf



Knochen erzählen Geschichten aus verschiedenen Jahrhunderten



Bettina Jungklaus untersucht jedes Skelett einzeln



Der Mann hat markantere Gesichtszüge als die Frau (hinten rechts)



Zähne zeigen Ernährungsgewohnheiten – starker Abrieb durch harte Bestandteile im Getreidebrei



Die Wirbelknochen zeigen starke Verformungen



Röntgenbild mit Harrislinien

400 gut erhaltene Skelette entdeckten Anthropologen der FU Berlin vor kurzem in einer kleinen Ortschaft nahe der Bundeshauptstadt. Die Knochen stammen einesteils aus der Zeit vom 13. bis 15. Jahrhundert, also aus dem späten Mittelalter, und andererseits aus dem 16. bis 19. Jahrhundert, aus der frühen Neuzeit. Anhand der Skelette können die Forscher herausfinden, wie die Menschen in Tasdorf in den verschiedenen Jahrhunderten lebten, sich ernährten, an welchen Krankheiten sie litten und wie sie starben. Ziel der Forschungen war u. a. ein direkter Vergleich der Lebensbedingungen des späten Mittelalters mit denen der frühen Neuzeit. Das überraschende Ergebnis: Die Lebensbedingungen der frühen Neuzeit waren viel schlechter als im Mittelalter.

### Auf der Spur eines Lebens

In den Skeletten liegen viele verschiedene Informationen verborgen. Mit bloßem Auge kann die Anthropologin Bettina Jungklaus das Geschlecht schon anhand der Form der Beckenknochen feststellen. Auch der Schädel gibt darüber Auskunft: Männer haben kantigere Gesichtszüge, Frauen haben weichere Linien. Besonders die Züge von Kinn und Stirn helfen ihr dabei. Auch das ungefähre Sterbealter des Menschen kann die Forscherin am Skelett ablesen: an der Art und Weise, wie die Knochen des Schädels zusammengewachsen sind.

### Knochen erzählen Geschichten – Das Leben einer Frau

Frau Jungklaus untersuchte auch den Schädel einer Frau aus dem späten Mittelalter. Sie wurde nur 30-40 Jahre alt. Woran sie starb, kann die Anthropologin an dem Skelett nicht mehr feststellen. Die stark abgeriebenen Backenzähne deuten allerdings darauf hin, dass sie keinen Hunger leiden musste: Harte Bestandteile im Getreidebrei, von dem sie sich vor allem ernährt haben muss, haben ihre Zähne abgeschliffen.

### Knochen erzählen Geschichten – Das Leben eines Mannes

An der Wirbelsäule eines Mannes, der im 17. Jahrhundert lebte, zeigen sich starke Verwachsungen. Vermutlich hat er sein Leben lang unter starken Schmerzen gelitten. Doch seine Knochen sind stark: Er muss also trotzdem hart gearbeitet haben. Alles deutet auf ein anstrengendes Leben unter schlechten Bedingungen hin.

### Kurze Leben – die Skelette von Kindern

An den Knochen von Kindern können die Forscher am meisten erkennen. Alle Phasen einer Wachstumsstörung sind an ihren Knochen und Zähnen abzulesen. So zeigen tiefe waagerechte Rillen in den Zähnen an, dass die Kinder an Hunger oder Krankheit gelitten haben. Diese Querrillen erscheinen auch in den Knochen. Im Röntgenbild können die Forscher solche so genannten "Harrislinien" genau datieren und feststellen, in welchem Alter das Kind an Hunger oder Krankheit leiden musste.

### Lebensbedingungen im Vergleich



Die Skelette räumen mit einem Vorurteil auf: Das Mittelalter war gar nicht so finster

Die Forscher am Institut für Anthropologie und Humanbiologie der FU Berlin kamen durch den Fund zu erstaunlichen Ergebnissen. Die Überlebenschance der Kleinkinder lag im Mittelalter um 10 % höher als in der frühen Neuzeit. Das hohe Sterberisiko der Kinder deutet auf eine allgemeine Verschlechterung der Lebensbedingungen in der frühen Neuzeit hin. Die Forscher vermuten, dass sinkende Temperaturen und Missernten zu diesen schlechten Bedingungen geführt haben.

So konnten die Knochenfunde aus Tasdorf mit einem Vorurteil aufräumen: Das Mittelalter war besser als sein Ruf.

### Neue Erkenntnisse aus Tasdorf



Die 400 Skelette aus Tasdorf weisen gleich mehrere Besonderheiten auf: Erstaunlicherweise sind alle Knochen noch in sehr gutem Zustand – immerhin sind die Ältesten unter ihnen schon über 700 Jahre in der Erde. Grund dafür ist vermutlich der besonders kalkhaltige Boden in Tasdorf.



Die Skelette aus den verschiedenen Jahrhunderten liegen in unterschiedlichen Himmelsrichtungen

© Blandine Wittkopp M. A., Archäologin

Und noch etwas ist bei diesem Fund ganz besonders: Normalerweise können die Forscher auf einem so großen Gräberfeld nicht feststellen, wer wann gestorben ist, ohne jedes einzelne Skelett genau zu datieren. In Tasdorf dagegen ist das möglich. Den Forschern hilft ein seltener Umstand: In den verschiedenen Jahrhunderten waren die Gräber der Menschen nach unterschiedlichen Himmelsrichtungen ausgerichtet: Bis zur Reformation im 15. Jahrhundert streng in Richtung West/Ost - also parallel zur mittelalterlichen Steinkirche. Auf den alten Fundamenten dieser Kirche bauten die Tasdorfer Mitte des 16. Jahrhunderts eine neue Kirche – allerdings mit einer anderen Orientierung. Da die Menschen weiterhin parallel zu der neuen Kirche beerdigt wurden, können die Forscher heute also sagen, wer vor und wer nach der Mitte des 16. Jahrhunderts bestattet wurde - auch ohne jedes einzelne Skelett genau zu bestimmen.

Corinna Sachs

## Wie wird man ein Fossil?

### Eine nicht ganz ernst gemeinte Anleitung



Professor Dr. Kunze ist Paläontologe. Er arbeitet seit vielen Jahren mit versteinerten Knochen, ständig der Vergangenheit auf der Spur. "Der große Fund" ist ihm aber noch nicht gelungen. Frustriert von seiner täglichen Routine kommt er auf eine aberwitzige Idee. Wenn er nicht zu Lebzeiten berühmt werden kann, dann vielleicht nach seinem Tod: als berühmtes Fossil! Allerdings stehen die Chancen auch dafür nicht sehr gut. Als Experte weiß Professor Kunze, dass ganz besondere Bedingungen herrschen müssen, damit aus Knochen Fossilien werden können! Hier ein Auszug aus der Niederschrift seines letzten Willens:

### *Mein letzter Wille – Von Prof. Dr. Kunze*

*Liebe Hinterbliebene,*



*ich habe mir völlig falsche Vorstellungen über mein Forscherleben gemacht. Von wegen Ruhm und Ehre! Routine, mühsame Routine. Und nicht ein sensationeller Fund. Wahrscheinlich gibt es mehr Paläontologen als bedeutsame Fossilienfunde. Ich habe mich häufig gefragt, warum ich mich überhaupt so anstrenge. Um wenigstens EINEN bleibenden Wert zu hinterlassen, habe ich nun beschlossen, selbst ein berühmtes Fossil zu werden. Hierzu bin ich allerdings auf Eure Hilfe angewiesen.*



*Bitte kommt also nicht auf die Idee, mich auf einem normalen Friedhof zu bestatten. Die Erde auf unseren Friedhöfen ist viel zu sauer. Sie greift selbst den härtesten Knochen an. Was nicht heißen soll, dass ein Grab unter freiem Himmel vorzuziehen wäre. Es gibt Aasfresser, die auch Knochen vertilgen. Auch die landläufige Meinung, es reiche, sich dem trockenen Klima südlicher Breiten auszusetzen, ist irrig. Denn sie vernachlässigt einen ganz entscheidenden Faktor: Das Wasser. Ohne Wasser keine Versteinierung oder wie wir Paläontologen sagen: "Fossilisation".*



*Am besten wäre ein schöner, ruhiger See. Durch die Poren und Gefäße meiner Knochen würde Wasser eindringen und mit ihm auch Bakterien. Diese kleinen Organismen würden das Knochenmark in wenigen Wochen zersetzen und die Eiweißbestandteile meiner Knochen vertilgen. Die im Wasser enthaltenen Mineralien (z. B. Eisenkies, Kalzit, Quarz) würden die aufgelösten organischen Bestandteile ersetzen. Eines fehlt jetzt noch: Wir brauchen zusätzlich möglichst viel Sediment, damit zum einen dieser Austauschprozess richtig funktionieren kann und zum anderen meine edlen Gebeine nicht abhanden kommen. Also sollte in den See ein Fluss münden, der die begehrte Sedimentfracht mit sich führt.*



*Das wär's schon. Bleibt nur noch zu hoffen, dass in vielen, vielen Jahren, wenn der See ist längst ausgetrocknet ist, mein schweres und kostbares Skelett wirklich wieder ans Tageslicht befördert wird.*



*In Liebe, Euer alter Knochen Andreas (Prof. Dr. Kunze)*

Georg Wieghaus, Torsten Fischer

## Wenn der Knochen bricht



Der Knochen kann brechen - und sich selbst heilen!

### Knochen - Ein Wunderheiler

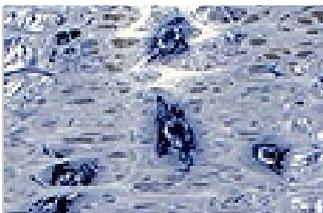
So fest uns Knochen erscheinen mögen - in Wirklichkeit sind sie maßvoll elastisch. Deshalb können sie kleine Stöße problemlos abfangen. Doch bei einem Sturz, z. B. vom Skateboard, wirken enorme Kräfte: Der Körper schlägt mit dem 20-fachen seines Gewichts auf dem Boden auf. Bei einem Körpergewicht von 70 Kilo entspricht das 1,4 Tonnen! Das ist auch für den stärksten Knochen zu viel: Er bricht! Doch der Knochen ist ein lebendiger Bestandteil des Körpers: Sofort setzen die Selbstheilungskräfte ein.



Weißer Blutkörperchen beseitigen Zellmüll. Botenstoffe signalisieren, die Heilung einzuleiten

### Knochen in Alarmzustand

Das Knochenmark im Inneren des Knochens ist von kleinen Blutgefäßen durchzogen. Sie zerreißen durch den Bruch; ein Hämatom bildet sich. Dieses Blutgerinnsel verringert die Sauerstoffzufuhr zur Bruchstelle. Dadurch wird das den Bruch umgebende Milieu sauer. Für den Körper ein Alarmsignal: Weiße Blutkörperchen bauen alles zerstörte Material ab. Dann signalisieren Botenstoffe dem Körper, die Heilung einzuleiten.



Osteoblasten bauen neuen Knochen auf

### Knochenstoffwechsel in Akkord

Zunächst bildet sich an der Bruchstelle Knorpel, weiches Gewebe, das zur Überbrückung dient. Dann rücken Knochenaufbau-Zellen an - die so genannten Osteoblasten. Auch unter Normalbedingungen werden Knochen ständig auf- und abgebaut. Jetzt aber müssen die Osteoblasten im Akkord arbeiten. Ihre Aufgabe ist es, Kalzium in das Knorpelgerüst einzulagern. So entsteht neuer Knochen.



Osteoklasten ätzen überflüssiges Gewebe weg und schaffen Platz für neues

### Heilen ohne Narben

Nach wenigen Wochen ummantelt eine dicke Knochenschicht die Bruchstelle, ein so genannter Kallus. Diese Verdickung wird dann schrittweise wieder abgetragen, bis der Knochen seine ursprüngliche Form erreicht hat. Das erledigen die Knochenzerstörer-Zellen - die Osteoklasten. Sie ätzen das überflüssige Gewebe einfach weg. Zum Schluss werden rund um die Bruchstelle noch die Knochenbälkchen auf- und abgebaut, bis der Knochen wieder gut vernetzt ist.



Bei Kindern und Jugendlichen heilen Brüche doppelt so schnell

### Der besondere Knochen

Der Knochen ist im Übrigen das einzige Gewebe im Körper, das ohne Narbenbildung heilt und anschließend an der verletzten Stelle genauso belastungsfähig ist, wie vorher. Dass ein Knochen niemals an der gleichen Stelle wieder bricht, ist allerdings ein Gerücht - nur die Wahrscheinlichkeit spricht dagegen, dass es mehrmals die gleiche Stelle erwischt.

Corinna Sachs

# Osteoporose: Wenn der Knochen schwindet

Alle 30 Sekunden bricht in Europa ein Knochen. Die Ursache: Osteoporose, Knochenschwund. In Deutschland ist jede dritte Frau und jeder fünfte Mann betroffen, insgesamt ca. sieben Millionen Menschen. Wer jung ist, kann sich kaum vorstellen, dass ihm die Knochen einmal "einfach so", ohne dass ein Unfall im Spiel ist, brechen könnten. Oder dass der Rücken rund wird, schmerzt und man immer kleiner wird.

## Osteoporose: Was ist das?



Mikroarchitektur eines Knochens bei einer Osteoporose Erkrankung

Die Osteoporose ist eine tückische Krankheit, ein stiller Dieb. Schleichend frisst sie wertvolle Knochensubstanz. Osteoporose ist keine banale Erkrankung und schon gar kein normaler Alterungsprozess, sondern eine lebensbedrohliche Fehlfunktion. Bei der Osteoporose baut der Körper mehr Knochensubstanz ab als auf. Die Knochenmasse schwindet, die Mikroarchitektur des Knochengebälks verschlechtert sich. Die verminderte Festigkeit führt auch dazu, dass der Knochen schneller bricht. Bei der klassischen Form der Osteoporose ist das gesamte Skelett von Knochenschwund betroffen.

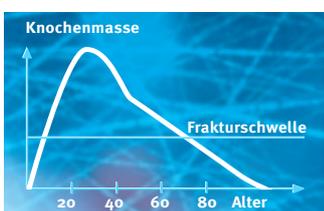
## Osteoporose: Wer erkrankt daran?

Es gibt viele unterschiedliche Formen der Osteoporose. Ein Arzt muss deshalb zunächst feststellen, unter welcher Form der Patient leidet, bevor er eine sinnvolle Therapie auswählen kann. Eine Osteoporose, die z. B. durch **Östrogenmangel** ausgelöst wurde, kann mit eben diesem Hormon behandelt werden.

Knochenschwund kann in vielen Fällen **Symptom** einer anderen Krankheit sein. So leiden Nierenkranke oft an brüchigen Knochen. Die geschädigte Niere bildet zu wenig Vitamin D, so dass nicht genug Kalzium aufgenommen und in die Knochen eingebaut werden kann. Auch **Herz-, Leber- und Magen-Darm-Erkrankungen** können mit einer verminderten Knochendichte einhergehen. Und wer wegen einer anderen Grunderkrankung regelmäßig Medikamente, z. B. Kortisonderivate, einnehmen muss, ist ebenfalls gefährdet und sollte vorsichtshalber regelmäßig seine Knochendichte untersuchen lassen.

Aber die Osteoporose kann auch andere, hausgemachte Ursachen haben. In der Riege der Risikofaktoren finden sich, wie so oft **Alkohol- und Nikotinmissbrauch**. Ein besonders wichtiger Auslöser ist **Bewegungsmangel**. Patienten, die wegen eines Knochenbruchs lange liegen müssen, erleiden häufig während der Rehabilitationszeit erneute Brüche. Ein Teufelskreis ist vorprogrammiert. Das Spektrum der Betroffenen ist aber viel größer: Es reicht von ganz normalen "Faulpelzen" bis zu Astronauten in der Schwerelosigkeit.

Die Knochenmasse verändert sich in Abhängigkeit zum Alter

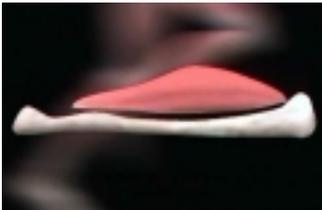


## Osteoporose: Wie kann ich sie verhindern?

In den ersten 20-30 Lebensjahren werden die Knochen von Jahr zu Jahr dichter. Wie dicht sie letztendlich werden, das hängt einerseits von Faktoren ab, die man nicht beeinflussen kann, wie den Genen, dem Geschlecht und den Hormonen, andererseits aber auch von der Ernährung und der Menge an Bewegung.

Dabei mehren sich Hinweise darauf, dass der Einfluss der Nahrung bisher überschätzt wurde. Sicher ist es wichtig, genug Kalzium und Vitamin D zu sich zu nehmen. Aber mindestens ebenso knochenbildend ist regelmäßige Bewegung.

### Osteoporose vorbeugen: Beweg dich!



Knochen und Muskeln arbeiten als Team

Eine wichtige Rolle spielen dabei die Muskeln. Sie arbeiten mit den Knochen zusammen. Wenn sich Muskeln anspannen, erzeugen sie Druck, der über die Sehnen an den Knochen weitergeleitet wird. Spezielle Knochenzellen registrieren diese Belastung. Ab einer bestimmten Krafteinwirkung senden die Zellen Signale an die Osteoblasten, die Knochenaufbauzellen. Die Knochenbildung wird dann angeregt und der Knochen wird dichter und dicker. Wenn das Muskel/Knochen-Team nicht gefordert wird, überwiegt leider die Arbeit der Osteoklasten, der Knochen abbauenden Zellen. Der Knochen wird schmaler.

Wer sich viel bewegt, hat also dichtere und dickere und damit auch stabilere Knochen. Wenn Osteoporose-Risikofaktoren ins Spiel kommen, z. B. die Wechseljahre, kann ein dicker Knochen den Abbau innerhalb des Knochengebälks besser verkraften.

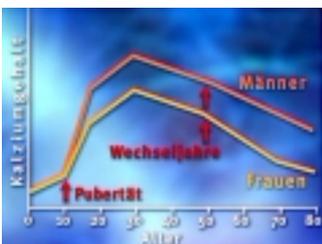


Schon Kinder können dem Knochenschwund vorbeugen: durch regelmäßige Bewegung

Es muss aber kein Extremsport sein. Höchstleistungssportlerinnen in Ausdauersportarten sind sogar eher gefährdet. Das Dauertraining, die strenge Diät und Gewichtskontrolle führen oft zu gefährlich niedrigen Östrogenspiegeln. Wie Herz und Gelenke, so profitieren auch die Knochen mehr von regelmäßiger Bewegung. Und je mehr es dabei gegen die Schwerkraft geht, desto besser: Hüpfen, Laufen, Ballspiele, Klettern, Kraftsport.

Je früher ein Mensch damit anfängt, desto besser. Ein gesunder Kinderknochen bleibt auch im Alter länger ein gesunder Knochen. Oder anders herum: Kinder, die sich heute zu wenig bewegen, können die Knochenkranken von morgen sein. Einige Experten halten das Fernsehgerät für den "Knochenräuber" Nummer eins.

### Osteoporose vorbeugen: Was dem Knochen schmeckt



Kalziumgehalt der Knochen in Abhängigkeit zum Alter

#### Kalzium

500-1500 mg Kalzium täglich sollten es schon sein. Schwangere und Stillende vertragen sogar noch eine Extraportion. Bekannt sind die hohen Kalziummengen in Milchprodukten. Aber auch frisches Gemüse und Getreideprodukte helfen, den Kalziumbedarf zu decken.

Kalziumtabletten sollte man nur auf ärztlichen Rat hin nehmen. So sind sie sinnvoll, wenn man keine Milchprodukte verträgt.

Wichtig ist dabei: Viel hilft nicht viel. Man tut also seinen Knochen keinen Gefallen, wenn man sich mit Kalzium "zudröhnt".

**Vitamin D**

In den Sommermonaten produziert sich der Körper sein Vitamin D in der Regel in ausreichender Menge selber. 400-800 internationale Einheiten braucht der Knochen täglich: 15 Minuten Sonne reichen, um diese Menge ins Blut zu bekommen.

Wer nicht in die Sonne kann, sollte auf seine Nahrung achten. Auch für Vitamin D ist die Milch ein wertvoller Lieferant; außerdem ist es in Fisch, Pilzen und Eiern enthalten.

**Zwiebeln**

Richtig gelesen. Schweizer Wissenschaftler haben herausgefunden, dass Ratten unter einer Zwiebel diät extrem gute Knochen bekommen. Der Knochenabbau wird dadurch gehemmt. Dabei enthält die Zwiebel keine nennenswerten Kalziummengen. Woran es liegt, dass Knochen so gerne Zwiebeln mögen, ist noch unklar. Auch andere Pflanzen (z. B. Petersilie, Lauch, Knoblauch, Dill, Gurken sowie verschiedene Kohlarten) sollen diesen Effekt haben.

**Was der Knochen nicht mag****Phosphate**

Immer noch stehen die Phosphate ganz oben auf der Liste der "Knochenräuber". Einige Wissenschaftler meinen aber inzwischen, dass der Körper mit einem Zuviel an Phosphat ganz gut selber klar kommt, indem er den Pegel mit hormoneller Hilfe herunter reguliert. Hauptsache er hat genug Kalzium zur Verfügung. Phosphate sind zum Beispiel in Colagetränken oder Schmelzkäse enthalten. Trotzdem soll die "Cola-Osteoporose" nicht durch ein Zuviel an Cola entstehen, sondern durch das Zuwenig an Kalzium. Denn wer Cola trinkt, trinkt keine Milch.

Angela Bode

# Knochen – Vorbild für Ingenieure



Ein Auto auf dem Weg in die Endmontage

## Bionik im Autobau

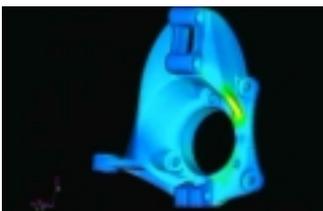
Ingenieure müssen im Autobau belastbare und trotzdem leichte Bauteile herstellen. Die Fahrzeuge sollen sicher und komfortabel sein, dabei aber nicht zu schwer werden, denn das erhöht den Treibstoffverbrauch.



Dr. Lothar Harzheim hat sich Knochen genauer angeschaut

## Knochen als Vorbild

Die Konstrukteure haben ein Vorbild in der Natur entdeckt: Knochen. Dort finden sie genau die Eigenschaften, die auch Autobauteile haben sollten: Denn Knochen sind gewichtsoptimiert und stabil. Aufgrund dieser Erkenntnis entwickelte Dr. Lothar Harzheim von der Adam Opel AG gemeinsam mit dem Forschungszentrum Karlsruhe ein Computer-Programm. Mit Hilfe dieses Programms kann er Autoteile virtuell nach dem Prinzip eines Knochens bauen. Ob Motorhalterung oder Achsschenkel: Die Bauteile, die so am Rechner entstehen, sind bis zu einem Drittel leichter als herkömmliche Bauteile.



Ein Achsschenkel entsteht am Computer

## Die biologische Wachstumsregel

Die Grundlagen des Computer-Programms entsprechen den Wachstumsregeln von Knochen. Das Prinzip ist verblüffend einfach: Entferne Material an Stellen, die wenig belastet werden, und füge Material dort hinzu, wo starke Belastungen auftreten.



Ein Achsschenkel nach den Regeln des Knochenwachstums optimiert

## Eine versteckte Struktur

Nach der Anwendung der Computersimulation haben die Bauteile eine Form, die einem Knochen sehr ähnlich sieht. Es entsteht eine Art Gerüststruktur, die auftretende Spannungen optimal ableiten kann. Für den anschließenden Gießvorgang müssen einige Stellen am neuen Bauteil geglättet werden, so dass die Knochenstruktur nur noch für die Personen zu erkennen ist, die von seiner Geschichte wissen.

## Ein universaler Lehrmeister

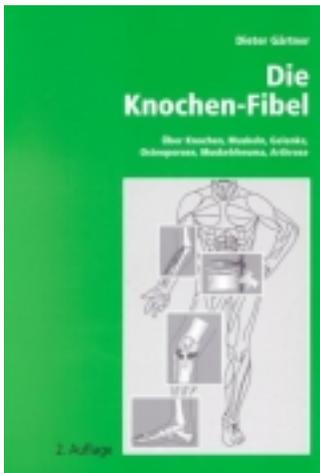
Mit diesen Bauprinzipien könnte eine neue Generation von Autos leichter, sparsamer und dennoch sicher sein. Doch die Realität sieht bislang anders aus: Die meisten Konsumenten wollen noch immer ein großes Auto mit allem Komfort zum Vorzeigen haben. Wegen dieser Extras geht die gewonnene Gewichtseinsparung wieder verloren und die Wagen verbrauchen genauso viel Benzin wie bisher.



Autos entstehen am Fließband

Claus Zirwes

## Lesetipps



Dieter Gärtner

### **Die Knochen-Fibel**

Zuckschwerdt Verlag München 2001

2. Auflage; broschiert; S. 159

ISBN: 3-88603-734-7

Preis: ca. EUR 14,80

### **Das Buch:**

Der Leser erhält einen Überblick auf wichtige Zusammenhänge des Bewegungsapparates des Menschen. Bewusst wurden alle lateinischen Fachausdrücke durch deutsche Bezeichnungen ersetzt, so dass ein gut verständliches Lehrbuch für den Laien entstanden ist.

Die wichtigsten orthopädischen Erkrankungen (Arthrosen, Muskel- und Sehnen-erkrankungen, Fibromyalgie, Osteoporose etc.) sind zunächst in ihrer Entstehungsweise und im speziellen Teil für die einzelnen Körperbereiche (z.B. Knie, Schultern, Hüften, Wirbelsäule etc.) beschrieben. Zahlreiche Ratschläge zur Vorbeugung und Eigentherapie machen das Buch zu einem wertvollen Aufklärungs- und Nachschlagewerk.

Hauptthema ist die Vielfalt der Verschleiß- und Abnutzungsschäden des menschlichen Körpers, es wird jedoch auch auf Bereiche eingegangen, die sonst in der einschlägigen Literatur nur selten zu finden sind: Strahlenbelastung beim Röntgen, Cortisontherapie, Alternativmedizin, korrekte Körper- und Sitzhaltung, Fitness, Doping, Seniorensport, Muskelkater etc.

### **Fazit:**

Mit diesem Buch kann sich jeder Laie umfassend zu (fast) jedem Thema rund um das Thema Knochen und Skelett informieren.

Karl Pflugbeil, Irmgard Niestroj

### **Aufrecht durchs Leben**

Verlagsangaben: Goldmann Verlag, 2000; ISBN 3-442-16249-1

Sonstiges: gebunden, S. 249, ca. EUR 8,00

Wirbelsäule, Muskeln, Knochen und Gelenke leisten Schwerarbeit: Sie ermöglichen die aufrechte Haltung, das Gehen, Stehen, Greifen und vieles mehr. Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates bedeuten daher einen großen Verlust an Lebensqualität. Die Autoren bieten kompetente Anleitungen und Empfehlungen zur Behandlung von Rückenschmerzen sowie Gelenk- und Muskelerkrankungen. Sie schlagen natürliche Mittel und leichte Übungen vor, mit denen sich Betroffene selbst helfen können. Viele nützliche Ratschläge dienen der Vorbeugung, damit die geniale Architektur des Körpers ein Leben lang erhalten bleibt.

Reiner Bartl

**Osteoporose – Prävention, Diagnostik, Therapie**

Verlagsangaben: Thieme Verlag, Stuttgart 2001; ISBN 3131057513

Sonstiges: Sondereinband, S. 140, 50 Abb., flexibles Taschenbuch, ca. EUR 19,95

Ein kleines Fachbuch zum Thema. Obwohl es sich eigentlich an Ärzte wendet, enthält es durchaus auch laienverständliche Thesen und Tipps. So kann sich jeder das herauslesen, was ihn interessiert, und was er versteht.

Claus Mattheck

**Mechanik am Baum – erläutert mit einfühlsamen Worten von Pauli dem Bär**

Verlagsangaben: Forschungszentrum Karlsruhe 2002

Was ist Mechanik? Wann und warum brechen die Äste eines Baumes? Pauli der Bär erklärt die Mechanik der Bäume und der Knochen – die ideale Einführung in das Thema für Laien.

William R. Maples, Michael Browning

**Knochengeflüster. Mysteriösen Kriminal- und Todesfällen auf der Spur**

Verlagsangaben: Heyne Verlag, 2001; ISBN 3-453-14847-9

Sonstiges: broschiert, S. 270, ca. Euro 8,95

Wer hat das das Rätsel um die Zarenfamilie gelöst? Wer steckt hinter dem fünffachen Mord in einer Universitätsstadt in Florida? William R. Maples beschreibt in diesem Buch nichts anderes als seinen Alltag als forensischer Anthropologe. Er sucht an Leichen und Skeletten nach Spuren, die helfen, den oft tragischen Tod dieser Menschen aufzuklären. Spannend!

Werner Nachtigall

**Bionik – Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler**

Verlagsangaben: Springer Verlag (1998), ISBN 3-540-43660-X

Sonstiges: Paperback, S. 545, ca. EUR 69,90

Dieses Buch ist etwas für Leser, die es ganz genau wissen wollen – mit das anspruchsvollste, was es zum Thema Bionik zu lesen gibt.

## Linktipps

<http://www.ernaehrung.de/tipps/osteoporose/index.htm>

Sehr ausführliche und übersichtliche Seiten v.a. über die richtige Ernährung und Vorsorge der Osteoporose vom DEBInet (Deutsches Ernährungsberatungsinformationsnetz)

<http://www.osteoporose.org/>

Ausführliche Seite inklusive einem Osteoporose-Risiko-Test.

<http://www.netzwerk-osteoporose.de/>

Selbsthilfegruppen gut sortiert. Übersichtliches informatives Lexikon.

<http://www.me.kp.dlr.de/Asps/abteilungen.htm>

Knochenschwund im Weltall. Ein Forschungsschwerpunkt des Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrums (DLR) und der ESA.

<http://www.osteoporose.com>

Aufwendige, umfassend informierende Seiten für Patienten und Ärzte.

<http://www.m-ww.ch/krankheiten/verletzungen/radiusfrakturen.html>

Ausführliche medizinische Informationen zum Knochenbruch

<http://www.biologie.fu-berlin.de/humanbio/>

Homepage des Institutes der freien Universität Berlin

<http://www.eva.mpg.de/>

Informationen über die evolutionäre Anthropologie mit vielen guten Links

<http://www.gfanet.de/>

Gesellschaft für Anthropologie. Arbeitsgemeinschaft Forensische Anthropologie. "Forensische Anthropologie", ist die offizielle Bezeichnung für die gerichtsmedizinische Knochenkunde.

<http://www.educeth.ch/physik/leitprog/radio/additum.html>

Auf dieser Seite ist das komplizierte Prinzip der Radiokarbonmethode sehr gut und mit vielen Abbildungen erklärt.

<http://www.uni-mainz.de/FB/Biologie/Anthropologie/anthro.html>

Eine Seite, die Ihnen eine Einführung in alle wichtigen Bereiche dieser Wissenschaft gibt.

### **Impressum:**

*Herausgegeben*

vom Westdeutschen Rundfunk Köln

*Verantwortlich*

Quarks & Co, Daniele Jörg

*Redaktion*

Daniele Jörg

*Autoren*

Angela Bode, Torsten Fischer, Corinna Sachs, Gerhard Wieghaus, Claus Zirwes

*Gestaltung*

Designbureau Kremer & Mahler

Oktober 2002

Bildrechte: alle © WDR

außer: Foto: Gräber mit Skeletten © Blandine Wittkopp M. A., Archäologin

Wüste © NDR