



# Skript zum Vortrag: „Knochenstoffwechsel und Osteoporose“

Dr. Eva Sauberer  
Wahlärztin für  
Allgemeinmedizin und  
Homöopathie

## Knochenstoffwechsel und Osteoporose.

Jeder erwachsene Mensch hat (ziemlich genau) 206 Knochen. Bei Geburt sind es mehr, über 300, diese wachsen im Lauf der Entwicklung jedoch zusammen. Bei Kindern sind die Knochen außerdem noch weicher – erst im Lauf des Alterwerdens „härten sie aus“ durch Einlagerung von Calcium.

Knochenwachstum erfolgt zum einen in die Länge – hierbei geht es von den Wachstumsfugen aus, Knorpel wird durch Knochen ersetzt. Zum anderen aber auch in die Dicke – das geht von dem Bereich des den Knochen umgebenden Gewebes (Periost = Knochenhaut) aus.

Knochen besteht zu ca. 20% aus Wasser, zu 25% aus organischen Anteilen (Proteinen), die den Knochen weich/elastisch machen, zu über 50% jedoch aus anorganischen Anteilen, davon größtenteils Calciumsalze – diese machen stabil und fest.

Das Skelett macht gewichtsmäßig etwa 12% des Gesamtkörpergewichts aus – bei einem Menschen von 50kg sind das also ca. 12 kg.

Der Knochen befindet sich in einem ständigen Auf-, Ab- und Umbauprozess, so dass jeder Mensch nahezu alle 7 Jahre ein völlig neues Skelett erhält! Knochen sind lebendig und gut durchblutet. Der menschliche Knochen ist deshalb so dynamisch, weil sich das Skelett ständig neuen Bedingungen anpassen muss. Ein gutes Beispiel dafür sind die Zahnschlingen, die indirekt durch Druck der Zahnwurzeln auf die Kieferknochen eine Neustellung der Zähne ermöglichen. Durch Sport, Bewegung und Gewicht beanspruchte Knochen werden dicker und kräftiger. Knochen, denen Bewegung und Belastung fehlen, werden dünner und schwächer.

Die Form folgt der Funktion! (Wolff'sches Gesetz) Wenn Knochen belastet wird, baut er sich auf – bei Entlastung baut er sich

Im normalen Knochenstoffwechsel besteht ein stetiges Gleichgewicht zwischen Knochenabbau und Knochenaufbau

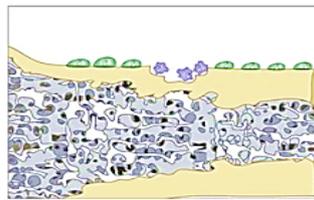
Zwei Arten von Zellen spielen die Hauptrolle im Knochenstoffwechsel

1. **Osteoblasten** sind Zellen, die Knochen **aufbauen**.
2. Damit der Knochen nicht unentwegt weiterwächst gibt es Zellen, die den Abbau der **Knochensubstanz** bewirken- die **Osteoklasten**.

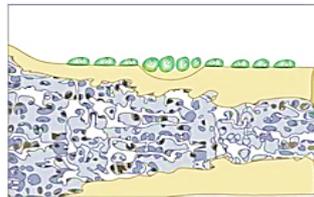
Folgendes Beispiel aus dem Straßenbau hilft, die Funktion der knochenabbauenden und -aufbauenden Zellen zu veranschaulichen: Bekannt ist, dass es nach einem strengen

Winter zu einer erheblichen Häufung von Schlaglöchern im Asphalt der Straßen kommen kann. Um diesen Zustand zu beheben, wird idealerweise im Frühjahr zunächst der defekte Anteil der Fahrbahn abgetragen und danach in einem zweiten Arbeitsgang mit frischem Asphalt aufgefüllt. So ähnlich arbeitet der Knochen auch, denn es gibt nicht nur natürliche Umbauvorgänge, sondern auch Defekte, die durch Überlastung, Unfälle und falsche Bewegungen entstehen können. Diese Mikrobrüche (Mikrofrakturen), die nicht mit den typischen Knochenbrüchen verwechselt werden dürfen, lösen im Knochen Reparaturprozesse aus:

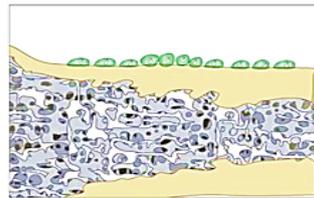
Der Umbauprozess im gesunden Knochen



Gesundes Knochengewebe befindet sich in einem ständigen Umbauprozess. Altes Knochengewebe wird zunächst durch die Osteoklasten aufgelöst. Im Knochenbälkchen entsteht vorübergehend eine Mulde.



Anschließend rücken Osteoblasten nach und füllen die defekte Stelle wieder mit neuem Knochengewebe auf.



So wird die defekte Stelle beseitigt, der Knochen ist repariert. Im gesunden Knochen wiederholt sich dieser Prozess ständig. Die Stabilität des Knochens bleibt somit erhalten.

Die Osteoklasten bauen im Bereich der Mikrofrakturen den defekten Knochen ab und die Osteoblasten den neuen, stabilen Knochen auf. Die Zusammenarbeit der Knochenzellen ist perfekt aufeinander abgestimmt.

Die maximale Knochendichte (Peak Bone Mass, PBM) wird zwischen dem 25. und 30. Lebensjahr erreicht. Zu diesem Zeitpunkt ist der Aufbau der Knochenmasse abgeschlossen. Ab dem 35. Lebensjahr beginnt bereits der Abbau. Danach wird grundsätzlich mehr Knochen ab- als aufgebaut. (Jährlich wird ca. 1,5% Knochenmasse abgebaut) Zwischen dem 40. und 50. Lebensjahr beschleunigen sich diese ganz natürlichen Abbauprozesse. Vor allem bei Frauen wird der Abbau deutlich rascher, weil das Östrogen als „Knochenschutz“ in der Konzentration ab Menopause sinkt.



# Skript zum Vortrag: „Knochenstoffwechsel und Osteoporose“

Dr. Eva Sauberer  
Wahlärztin für  
Allgemeinmedizin und  
Homöopathie

Diese natürlichen Abbauprozesse müssen jedoch nicht zwingend zu Osteoporose führen!

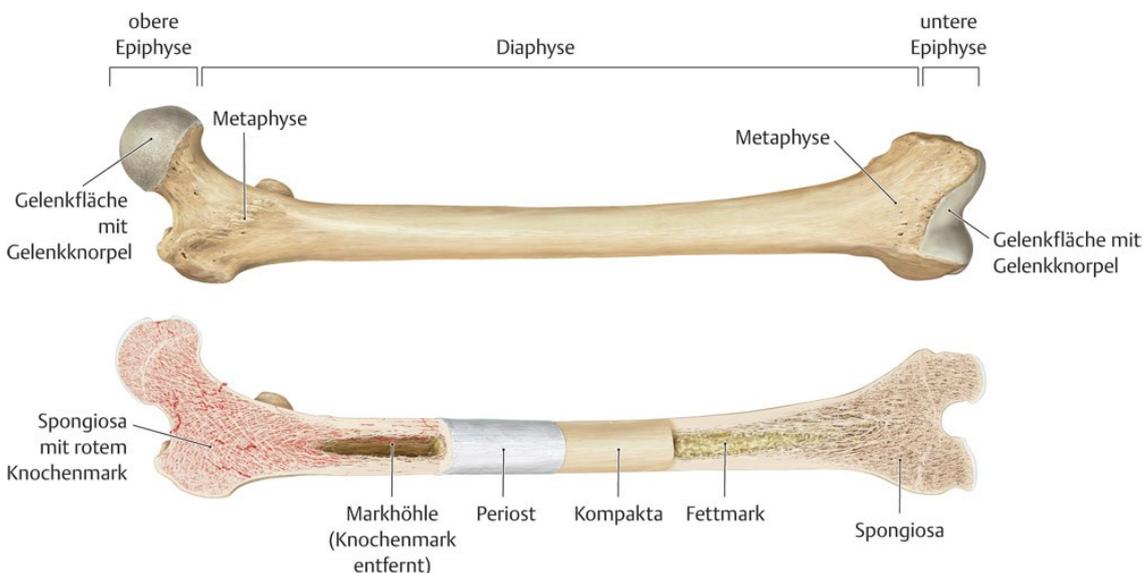
Je höher die erreichte PBM, desto später werden nennenswerte Abbauprozesse bzw. Verluste der Knochenstabilität wirksam und merkbar. Die individuell maximal erreichbare Knochenmasse ist großteils genetisch vorgegeben. Dieses Potenzial kann durch Ernährungsgewohnheiten, den Aktivitätsgrad sowie einen ausgewogenen Hormonstatus optimiert werden.

Die Form folgt der Funktion! (Wolff'sches Gesetz) Dies gilt lebenslanglich. Wenn Knochen belastet wird, baut er sich auf – bei Entlastung baut er sich ab. Vor allem dynamische Be- und Entlastungsübungen sind für Knochenaufbau wesentlich – nicht die Ausdauersportarten ohne Kraftspitzen. Auch Vibrationstraining ist sehr effektiv – vor allem in höherem Alter (Low Intensity Vibration!).

Die PBM kann im Nachhinein nicht erhöht werden! Es kann danach lediglich der Abbau von Knochenmasse verringert werden.

Also: start high! Viel Aufbau in jungen Jahren ist das A und O.

Es gibt unterschiedliche Knochentypen. Ein Röhrenknochen (Bp: Oberschenkelknochen) sieht schematisch so aus:



Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart · New York  
retten - Rettungsanitäter · 2017  
Prometheus LernAtlas der Anatomie. Grafiker: K. Wesker

erwachsener Oberschenkelknochen

Hier sieht man deutlich die beiden Anteile **Spongiosa** (innen, schwammartig, mit Trabekelstruktur, das sich nach Belastung des Knochens ausrichtet) und **Kompakta** (außen, solide). Die Knochenhaut (Periost) umgibt den Knochen außen.

Die Knochenbälkchen (Trabekel) der Spongiosa richten sich entlang der Belastungsrichtung aus, dazwischen eingelagert ist das rote (blutbildende) Knochenmark. Dieses Trabekelwerk findet sich vor allem im Bereich der Epi- und Metaphyse. Im Diaphysenbereich ist es bei Erwachsenen dann nahezu völlig rückgebildet und statt dessen findet sich dort der Hohlraum (Markraum) mit gelbem Knochenmark (Fettmark).

Im Lauf der Entwicklung nimmt der Prozentanteil der Kompakta an der Knochendichte zu – beim Erwachsenen macht das 70% aus, beim Kind nur 30%. Das blutbildende rote Knochenmark wandelt sich ebenfalls im Zuge der Alterung immer mehr in Fettmark um.

## Knochenfestigkeit und Einfluss von Vitaminen und Mineralstoffen

Im Knochen ist fast das gesamte Kalzium des Körpers gebunden. Wenn Kalzium-Mangel im Blut besteht (der Körper ist immer bestrebt, den Blut-Kalzium-Spiegel gut auszubalancieren), wird es aus dem Knochen freigesetzt, was zu Lasten der Stabilität des Knochens geht.

Kalzium wird über die Nahrung aufgenommen – zur Resorption aus dem Darm jedoch braucht es Vitamin D.

**Vitamin D** wird in der Haut unter Einfluss von Sonnenlicht (UV) gebildet. Die Fähigkeit der Haut, Vitamin D zu bilden, lässt jedoch im Alter nach!



# Skript zum Vortrag: „Knochenstoffwechsel und Osteoporose“

Dr. Eva Sauberer  
Wahlärztin für  
Allgemeinmedizin und  
Homöopathie

## Der Bedarf an Calcium und Vitamin D ist altersabhängig:

Altersgruppe	Calcium (Milligramm)	Vitamin D (intern. Einheiten: I.E.)
Kinder 1 – 3 Jahre	500mg	5 Mikrogramm (200 I.E.)
Kinder 4 – 8 Jahre	800mg	5 Mikrogramm (200 I.E.)
Kinder 9 – 13 Jahre	1300mg	5 Mikrogramm (200 I.E.)
Jugendliche 14 – 18 Jahre	1300mg	5 Mikrogramm (200 I.E.)

Altersgruppe	Calcium (Milligramm)	Vitamin D (intern. Einheiten: I.E.)
Erwachsene (Frauen 18 – 50 Jahre)	1500mg	10 Mikrogramm (400 I.E.)
Erwachsene (Frauen ab 50 Jahre)	1500mg	20 Mikrogramm (800 I.E.)
Erwachsene (Männer ab 18 Jahre)	1200mg	5 – 10 Mikrogramm (200 – 400 I.E.)

Wenn nun aber aufgrund Vitamin D Mangels zu wenig Kalzium (Ca) aufgenommen werden kann, sinkt der Blut-Kalzium-Spiegel.

Der Körper will das ausgleichen und setzt vermehrt Parathormon (PTH, gebildet in der Nebenschilddrüse) frei. Man spricht dabei vom sogenannten sekundären Hyperparathyreoidismus. PTH seinerseits setzt nun Ca aus dem Knochen frei. Dies erfolgt über Anregung der Osteoklasten.

(Calcitonin aus der Schilddrüse ist der Gegenspieler – es brems die Osteoklasten.)

Das ist vor allem für Menschen über 50a eine Hauptursache für Osteoporose!

Vitamin D fördert außerdem die neuromuskuläre Koordination und vermag so sturzverhindernd zu wirken.

Eine Reihe anderer Vitamine und Minerale beeinflussen den Knochenstoffwechsel ebenfalls. Hier einige Beispiele:

**Vitamin K** (Phyllochinon) wird zur Synthese von Osteocalcin benötigt. Osteocalcin (s.u.) ist ein Eiweiß, eine Art Matrix, auf der Ca auskristallisiert; es wird also ebenfalls für Knochenumbauprozesse benötigt.

Vor allem in Gemüse (Kresse, Sauerkraut, Spinat usw) kommt Vitamin K vor, wir benötigen 200-300 Mikrogramm täglich. Aber Achtung:

Wer eine Blutgerinnungsstörung hat oder entsprechende gerinnungshemmende Medikamente einnimmt, soll nur nach Absprache intensiv oder lange substituieren! Wir wissen inzwischen, dass eine Basisversorgung jedoch sinnvoll und stabilisierend wirkt. Vit. K hat Auswirkungen auf die Blutgerinnung, indem es in der Leber die Blutgerinnungsfaktoren aktiviert Insofern wirkt es also entgegen „Blutverdünnern“, die ja die Gerinnung hemmen sollen. Vitamin K2 (besonders MK7 all-trans) hat eine viel längere Halbwertszeit im Körper als K1 und sorgt so für eine anhaltende, gleichbleibende Versorgung. Dosen zwischen 100µg und 200µg sind laut aktuellen Studien ausreichend, um die K2-abhängigen Reaktionen aufrecht zu erhalten.

*Osteocalcin wird von den Osteoblasten gebildet, es bindet an Calcium und gilt als spezifischer Marker der Knochenneubildung.*

*Erniedrigt: Cortison-LZ-Therapie, Hypothyreose Erhöht: Hyperthyreose, Knochenmetastasen*

*Anmerkung:*

*Desoxypyridinolin (DPD) gilt als Marker der Knochenresorption, es ist Abbauprodukt des Knochenkollagens – z.Bp. bei Osteoporose postmenopausal erhöht (Urin-Test). Verwendung zur Beurteilung des Effekts einer Bisphosphonattherapie.*

**Vitamin B6** wirkt über verschiedenen Mechanismen knochenprotektiv. Es erhöht die Festigkeit des Knochen-Kollagens. Man findet es vor allem in Leber, Fisch, Avocado, Kartoffeln, Weizenkeimen u.a., der Tagesbedarf ist 1-2 Milligramm.

**Magnesium** aktiviert das Enzym „alkalische Phosphatase“, dieses Enzym ist an der Bildung neuer Calcium-Kristalle beteiligt. Auch die Umwandlung von Vitamin D in seine biologisch aktive Form braucht Magnesium. Kann die Umwandlung des Vitamin D nicht erfolgen, bleibt es wirkungslos.

Magnesium findet sich in Milch und Milchprodukten, Fleisch, Leber, Obst und Vollkornprodukten; der Tagesbedarf liegt bei 300-500 Milligramm.

**Mangan** ist ebenfalls für die Mineralisation wesentlich. Wir nehmen mit der Nahrung üblicherweise genug auf (2-5 Milligramm pro Tag sind nötig), jedoch geht die Hälfte verloren, wenn Vollkornmehl durch raffiniertes Mehl ersetzt wird.



# Skript zum Vortrag: „Knochenstoffwechsel und Osteoporose“

Dr. Eva Sauberer  
Wahlärztin für  
Allgemeinmedizin und  
Homöopathie

**Bor** ist für die Synthese bestimmter Steroidhormone wesentlich, man benötigt etwa 1-2 Milligramm täglich, enthalten in Nüssen, Gemüse und Früchten. Supplementierung kann bei Frauen in der Postmenopause sinnvoll sein.

**Zink** erhöht die biologische Aktivität von Vitamin D3 (neben vielen anderen Wirkungen, beispielsweise auf die Immunabwehr und Wundheilung), wir benötigen ca. 15 Milligramm täglich. Enthalten ist es in Käse, Fisch, Schalentieren, Sesam, Mohn, Zwiebeln und Mais usw. Es wird vielen Vitamin D Supplementen deswegen bereits auch zugefügt.

**Ca** selbst kann man laborchemisch einfach im Blut messen – der Körper ist immer bestrebt, den Spiegel des Blut-Kalziums konstant zu halten.

Man kann also nie sagen, WOHER das Ca im Blut stammt – und ein normaler Ca Spiegel schließt Osteoporose nicht aus bzw sagt somit nichts aus über den Ca-Gehalt des Knochens!

- Ein **erhöhter Kalziumspiegel** im Blut muss abgeklärt werden. Die Ursache dafür kann z.B. die übermäßige Einnahme kalziumhaltiger Nährstoffpräparate oder auch eine starke Überdosierung von Vitamin D sein.
- Ein **Kalziummangel** kann unter anderem bei chronischem Alkoholismus und unausgewogenem Essverhalten auftreten. Weitere Ursachen: schlechte Kalziumaufnahme im Darm (z.B. im Alter, bei Vitamin-D-Mangel, Östrogenmangel) oder erhöhte Kalziumausscheidung (z.B. bei übermäßigem Salz-, oder Kaffeekonsum).

## OSTEOPOROSE

### Risikofaktoren für Osteoporose

An der Entstehung von Osteoporose sind verschiedene Ursachen beteiligt. Dazu zählen v.a. Genetik, Lebensstil, hormonelle Veränderungen sowie Krankheiten und Medikamente, die den Knochenstoffwechsel beeinflussen.

#### **Genetische Ursachen, v.a. :**

- weibliches Geschlecht: Frauen haben eine niedrigere Knochenmasse als Männer,
- familiäre Vorbelastung: v.a. Osteoporose bei den Eltern,
- bestimmte Gendefekte (Mutationen).

#### **Lebensstilaspekte, v.a.:**

- Rauchen,
- übermäßiger Alkoholkonsum,
- zu niedriges Körpergewicht,

- Bewegungsarmut,
- übermäßige sportliche Aktivität (z.B. Hochleistungssport)
- längere Phasen der Immobilisierung (v.a. während der Pubertät),
- Ernährung (arm an Kalzium und Eiweiß, reich an Phosphat und Phytin),
- Vitamin-D-Mangel,
- zu wenig Sonnenlicht.

#### **Hormonelle Veränderungen, v.a. :**

- Bei Frauen und Männern:
  - Schilddrüsenüberfunktion,
- Bei Frauen:
  - zu seltene oder ausbleibende Regelblutungen,
  - frühzeitige Menopause,

#### **Medikamente, die den Knochenstoffwechsel negativ beeinflussen, z.B.:**

- Glukokortikoide
- Antiepileptika
- Immunsuppressiva
- Chemotherapeutika
- Protonenpumpenhemmer (häufig!)

#### **Alter:**

- Frauen: nach den Wechseljahren (Östrogenmangel),
- Männer: über 65 Jahre.

#### **Krankheiten, die zu einer negativen Kalziumbilanz führen, z.B.:**

- Erkrankungen des Verdauungstrakts wie Zöliakie, Morbus Crohn/Colitis ulcerosa oder auch Reizdarm,
- Schilddrüsenenerkrankungen,
- Diabetes mellitus,
- chronisches Nierenversagen,
- chronischer Durchfall oder Malabsorption (Fehlverdauung),
- Erkrankungen der Leber,
- Hyperkortisolismus (erhöhte Glukokortikoidspiegel).



# Skript zum Vortrag: „Knochenstoffwechsel und Osteoporose“

Dr. Eva Sauberer  
Wahlärztin für  
Allgemeinmedizin und  
Homöopathie

## Formen der Osteoporose

In Abhängigkeit von der Entstehungsursache werden zwei Hauptformen der Osteoporose unterschieden.

- **Primäre Osteoporose:** entsteht hauptsächlich durch Östrogenmangel (v.a. im Zuge der Wechseljahre der Frau) sowie – bei beiden Geschlechtern – durch den natürlichen Alterungsprozess der Knochen, Mangel an Kalzium und Vitamin D sowie Bewegungsmangel.
- **Sekundäre Osteoporose:** Diese seltene Form betrifft Frauen und Männer gleichermaßen und entsteht meist als Folge von Erkrankungen oder medikamentösen Therapien, die den Knochenstoffwechsel negativ beeinflussen.

## Diagnose der Osteoporose

- Anamnese

Menopause-Eintritt, unklare Frakturen, schlechte Knochenheilung, Familienanamnese, Krebs, Medikamente (Hormone, Cortison), Ernährung (wird Milch vertragen und Milchprodukte konsumiert usw.), Bewegung, Immobilität, Verdauung, Alkohol, Nikotin ...

- Blutuntersuchung

Nierenfunktion, Mineralstoffe, Schilddrüse... vor allem, um andere Krankheiten auszuschließen

- Knochendichtemessung (DEXA, Densiometrie)

Bei der Knochendichtemessung wird der Mineralgehalt des Knochens gemessen und die ermittelten Werte mit dem Standardgehalt einer gesunden 30a alten Frau verglichen.

Die Angabe erfolgt mittels T-Score: liegt dieser höher als -1, so ist es Normalbefund. Zwischen -1 und -2,5 gilt als Vorstufe (=Osteopenie), unter -2,5 = Osteoporose. Ein CT kann statt DEXA gemacht werden, wenn z.Bp. TEP vorliegt und massive Abnützung der WS. Teurer, höhere Strahlenbelastung.

## Therapie und Prophylaxe der Osteoporose

- Ernährung
- Bewegung (inkl. Vibrationstraining)
- Störfaktoren (Alkohol, Nikotin) beseitigen
- Sturzprävention
- Basis bei Therapie immer: Calcium und Vitamin D !  
( min. 1000mg + 800IE täglich)

## Medikamente darüberhinaus:

Bisphosphonate: reichern sich an der Oberfläche des Knochens an und hemmen die Osteoklasten → Knochen wird kompakter aber auch weniger elastisch) Einnahme auf nüchternen Magen und aufrecht sitzend/stehend mit einem Glas Wasser nötig (Sodbrennen). Therapiedauer mindestens 3 Jahre. Je nach Medikament sind sie meist wöchentlich, monatlich oder dreimonatlich zu nehmen, es gibt auch Infusionen (Aclasta) 1x jährlich.

NW: Verdauungsbeschwerden (Erbrechen, Durchfall), Muskel- und Skelettschmerzen; cave: Kiefernekrosen!  
Bp: Ibandronsäure (Bonviva), Zoledronsäure (Aclasta), Alendronsäure (Fosamax), Risendronsäure (Actonel)

Dr. Eva Sauberer  
Eisenstadt, November 2019