

# Bioverfügbarkeit von Magnesium in Mineral- und Heilwässern – Derzeitiger Stand der Forschung

Elke Ruchalla

Nach der momentanen Datenlage zeigen zahlreiche Studien einheitlich die gute Bioverfügbarkeit des Magnesiums aus natürlichen Mineral- und Heilwässern. Als besonders günstig kann gelten, dass die Zufuhr von Magnesium über diese Wasser gleichmäßig über den Tag verteilt erfolgt. Damit werden kurzzeitige Spitzenkonzentrationen von Magnesium im Darm vermieden, bei denen ein relativ größerer Teil wieder ausgeschieden würde als bei mittleren, gleichmäßigen Konzentrationen. Die gleichzeitige Deckung des Flüssigkeitsbedarfs muss als weiterer Vorteil hinzugefügt werden. Darüber hinaus ist die Magnesium-Bioverwertbarkeit auch dann gut oder sogar besser, wenn das Wasser zu den Mahlzeiten getrunken wird – was die Praktikabilität der Zufuhr erhöht im Vergleich zu einer Nutzbarkeit nur beim Trinken auf nüchternen Magen.

## Definition

Unter Bioverfügbarkeit versteht man die Verfügbarkeit einer Substanz für den gesamten Organismus, also den Anteil einer verabreichten Substanz, der ins Blut gelangt. Bei oraler Gabe (von Magnesium) entspricht sie dem im Darm resorbierten Anteil der Gesamtmenge an zugeführtem Magnesium. Näherungsweise kann die Bioverfügbarkeit durch die Messung der Plasma- oder Serumkonzentration einer Substanz im zeitlichen Verlauf gemessen werden (Abb. 1).

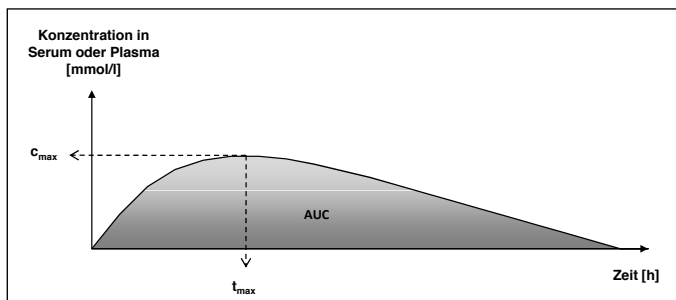


Abb. 1: Bioverfügbarkeitsmessung. Die AUC (area under the curve), also die Fläche unter der Konzentrations-Zeit-Kurve, entspricht der Menge des untersuchten Stoffes, die dem Organismus zur Verfügung steht (Bioverfügbarkeit).  $C_{max}$  (maximale gemessene Konzentration) und  $t_{max}$  (Halbwertszeit der zugeführten Substanz) sind dabei wesentliche Parameter.

## Magnesium-Versorgung der Bevölkerung

Der Tagesbedarf an Magnesium liegt nach Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung [1] für Jugendliche ab dem 16. Lebensjahr und Erwachsene bei 350 – 400 mg täglich. Männer benötigen aufgrund der größeren Muskel- und Knochenmasse dabei etwas mehr Magnesium als Frauen. Diese empfohlenen Tagesmengen werden jedoch häufig nicht erreicht: Mit der Zunahme von industriell verarbeiteten Nahrungsmitteln ist nach Ansicht von Experten seit Mitte des 20. Jahrhunderts eine Abnahme der täglichen Magnesiumzufuhr um etwa 25% einhergegangen. 20 – 40% der Bevölkerung von Industrieländern sollen heute an einem zumindest latenten Magnesiummangel leiden.

Magnesium kommt natürlicherweise in verschiedenen Lebensmitteln vor, die häufig eine recht hohe Energiedichte besitzen (z.B.

Nüsse, Bananen) oder nicht vertragen werden (Kohlsorten). Die Möglichkeit, die Zufuhr über Getränke zu steigern, wird dabei oft vernachlässigt. Magnesiumreiches Heilwasser (mit einem Magnesiumgehalt von 100 mg/l und mehr, die Angaben können dem jeweiligen Flaschenetikett entnommen werden) ist eine gute Alternative und Ergänzung, die gleichzeitig zur Flüssigkeitsversorgung beiträgt.

## Funktion von Magnesium im Organismus

Magnesium gelangt nach oraler Aufnahme über Resorption hauptsächlich in Jejunum und Ileum, in geringerem Maße möglicherweise auch in Kolon, in den Kreislauf und von hier zu den verschiedenen Organen. Die Konzentration im Serum wird relativ konstant gehalten (Normbereich für Erwachsene 0,75 – 1,10 mmol/l bzw. 1,8 – 2,7 mg/dl), bei Magnesiummangel wird der Mineralstoff aus magnesiumreichen Geweben (Skelett) freigesetzt. Zusätzlich zugeführtes Magnesium wird bei einem Defizit schnell in die entleerten Speicher in Skelett, Muskulatur und Erythrozyten transportiert; eine im Serum manifeste Hypomagnesiämie deutet somit schon auf einen schweren Magnesiummangel hin.

Magnesium hat im Körper eine ganze Reihe von Wirkungen: Auf molekularer Ebene bindet es an energiereiche Nukleotide wie ATP, Nucleinsäuren (DNA, RNA), Enzyme und organische Säuren. Diese Substanzen wiederum sind für zahlreiche Stoffwechsel- und Organfunktionen unerlässlich. Dementsprechend kann sich ein Magnesiummangel vielfältig auswirken (Tab. 1).

Auswirkungen eines Magnesiummangels auf verschiedene Organsysteme	
System	Mögliche Folgen eines Magnesiummangels
kardiovaskulär	Arrhythmien (z.B. Torsades des Pointes), Verstärkung von Angina pectoris/koronarer Herzkrankheit, arterieller Hypertonus
Glukosestoffwechsel	Insulinresistenz bis hin zum Diabetes mellitus
gastrointestinal	chronisch-entzündliche Darmerkrankungen
geburtshilflich	vorzeitige Wehen, Präeklampsie
muskuloskelettal	nächtliche Wadenkrämpfe, tetanisches Syndrom, Osteoporose
neurologisch	Migräne
respiratorisch	Asthma

## Messmethoden der Bioverfügbarkeit von Magnesium in Mineral- und Heilwässern

Grundsätzlich gibt es mehrere Methoden, die die Bioverfügbarkeit von Magnesium messen. Um die Aufnahme nur des aktuell zugeführten Magnesiums von Magnesium aus anderen Quellen (z.B. Freisetzung aus dem Skelett) zu unterscheiden, kann das verabreichte Magnesium mit einem stabilen ( $^{25}\text{Mg}$ ,  $^{26}\text{Mg}$ ) oder radioaktiven ( $^{28}\text{Mg}$ ) Isotop angereichert werden. Häufig verwendete Methoden sind:

- Messung der Konzentration von Magnesium im Serum vor und nach Magnesiumzufuhr
- Messung der Ausscheidung im Urin vor und nach Magnesiumzufuhr
- Messung der Ausscheidung im Stuhl vor und nach Magnesiumzufuhr
- Messung der Konzentration in den Erythrozyten vor und nach Magnesiumzufuhr

Nach einer Untersuchung von Bohn und Mitarbeitern [2] sind die Bioverfügbarkeitsmessungen durch Urinausscheidung, Stuhlauscheidung und Erythrozytenanalyse unter Verwendung von stabilen Isotopen gleichwertig.

Grundsätzlich ist die Streubreite der gemessenen Bioverfügbarkeiten von Magnesium sehr groß. Dies liegt unter anderem an unterschiedlichen Studienprotokollen, unterschiedlichen Messmethoden, unterschiedlichen Mengen des zugeführten Magnesiums u.a. Die durchschnittliche Magnesiumverfügbarkeit aus der Ernährung bei Normalkost gibt Golf [3] mit 21% (Männer) bzw. 27% (Frauen) an.

## Bioverfügbarkeit von Magnesium aus Mineral- und Heilwässern: Belege aus der Wissenschaft

Schon rein theoretisch betrachtet sollte die Bioverfügbarkeit von Magnesium in Mineral- und Heilwässern besonders gut sein, da der Mineralstoff hier bereits in wässriger Lösung vorliegt und nicht wie aus Lebensmitteln erst freigesetzt und gelöst werden muss – denn nur die wässrige Lösung des Ions ist resorbierbar. Eine Untersuchung aus Schweden bestätigt diese theoretische Überlegung: Hier zeigte sich schon nach Zugabe geringer Extra-Mengen von Magnesium zum Trinkwasser (insgesamt 25,55 mg Mg/l Wasser) eine bessere Resorption des Wassermagnesiums als des Nahrungsmagnesiums [4].

Die Bioverfügbarkeit von Magnesium aus Mineral- und Heilwässern hat sich auch in der Praxis nach mehreren Studien mit unterschiedlichen Messmethoden als gut erwiesen.

So wollten Hesse und Mitarbeiter [5] prüfen, ob ein erhöhter Magnesiumbedarf durch magnesiumreiche Mineralwässer gedeckt werden kann. Dazu prüften sie die Magnesiumausscheidung im 24-Stunden-Urin unter Gabe eines magnesiumreichen Wassers. Zwölf gesunde Probanden erhielten im Rahmen der Versuchsanordnung zunächst über 5 Tage eine standardisierte Ernährung (Magnesium-



gehalt 404 mg/Tag), die unter anderem 1400 ml (magnesiumfreien) Hagebuttentee enthielt. Während der Testphase wurde ebenfalls über 5 Tage der Tee durch jeweils 1400 ml eines Mineralwassers mit einem Magnesiumgehalt von 338 mg/l ersetzt, also eine zusätzliche Gabe von 473,2 mg Magnesium pro Tag. Die sonstige Ernährung blieb unverändert, d.h. die Magnesiumzufuhr aus anderen Quellen als dem Wasser war konstant. Die Resorption des getrunkenen Magnesiums in den Körper wurde über die Ausscheidung im Urin gemessen, die unter dem magnesiumreichen Mineralwasser deutlich (um 50 – 60% über den Ausgangswert) zunahm. Die Forscher errechneten danach eine biologische Verwertbarkeit des Mineralwasser-Magnesiums von 13 – 15%. Auch in einem Langzeitversuch über 4 Wochen blieb die Magnesiumausscheidung unverändert hoch und mit durchschnittlich 182 mg/l Urin im oberen Grenzbereich für die Tagesausscheidung. Die Autoren folgern daraus, dass Mineralwasser mit einem hohen Magnesiumgehalt zur Deckung des Magnesiumbedarfs gut geeignet ist.

Ekmekcioglu trug in einer Übersichtsarbeit die Ergebnisse mehrerer Studien zusammen, die die Bioverfügbarkeit verschiedener Mineralstoffen aus Getränken – einschließlich Mineralwässer – untersucht hatten [6]. Danach zeigte sich neben einer grundsätzlich guten Resorption des Magnesiums aus dem Wasser von durchschnittlich 50% (gemessen mittels Verwendung radioaktiver bzw.

stabiler Mg-Isotope), dass die prozentuale Resorption umso höher war, je niedriger die absolute Menge des zugeführten Magnesiums lag. Das spricht für eine optimale Nutzung des Wassermagnesiums selbst bei niedrigem Magnesiumgehalt.

Galan und Kollegen wollten prüfen, inwieweit das in Mineralwässern enthaltene Magnesium zur Magnesiumgesamtversorgung der Bevölkerung (hier Frankreich) beitragen kann [7], denn – wie oben bereits erwähnt – die tägliche Magnesiumzufuhr über die normale Ernährung (also ohne Supplemente) ist in den meisten westlichen Industrieländern zu gering und erreicht nicht die von den Ernährungsgesellschaften geforderten Mengen. Die Wissenschaftler untersuchten dazu vier verschiedene Gruppen mit jeweils 166 Teilnehmern:

- Zufuhr von Mineralwasser mit 84 mg Magnesium/l
- Zufuhr von Mineralwasser mit 36 mg Magnesium / l
- Zufuhr von Mineralwasser mit 1,6–2 mg Magnesium/l
- Zufuhr ausschließlich von Leitungswasser (schwankender, aber im Allgemeinen sehr niedriger Magnesiumgehalt)

Nach der Auswertung zeigte sich, dass bei gleicher Magnesiumzufuhr mit der sonstigen Nahrung das Mineralwasser je nach Magnesiumgehalt 6 – 17% des täglich aufgenommenen Magnesiums lieferte. Dabei war die Magnesiumaufnahme bei Probanden, die stark oder mäßig magnesiumhaltiges Wasser getrunken hatten, signifikant höher als bei den Personen, die magnesiumarmes Wasser oder ausschließlich Leitungswasser getrunken hatten (Datenerhebung per Fragebogen). Die Wissenschaftler folgern daraus, dass Mineralwasser einen wesentlichen Beitrag zur täglichen, meist zu geringen Magnesiumversorgung leisten kann.

Eine belgische Arbeitsgruppe [8] untersuchte die Bioverfügbarkeit von Magnesium aus Mineralwasser bei erwachsenen Männern unter Verwendung eines radioaktiven Magnesiumisotops ( $^{28}\text{Mg}$ ). Zehn gesunde Probanden erhielten dazu in randomisierter Reihenfolge in einem Crossover-Design (Auswaschperiode zwischen den Gaben mindestens 7 Tage):

- 300 ml Mineralwasser (94,9 mg Magnesium/l) mit dem radioaktiven Magnesium per os und
- radioaktives Magnesium als intravenöse Injektion

Die im Körper vorhandene Menge an radioaktivem Magnesium wurde 24 Stunden nach Verabreichung mittels eines Ganzkörperzählers bestimmt. Die Bioverfügbarkeit des mit dem Mineralwasser aufgenommenen Magnesiums wurde anschließend berechnet als Verhältnis der gemessenen Radioaktivität nach injiziertem Magnesium (definitionsgemäß 100%) zur gemessenen Radioaktivität nach oral aufgenommenem Magnesium. Danach ergab sich eine Bioverfügbarkeit des Mineralwasser-Magnesiums von durchschnittlich 59% – im oberen Bereich bzw. oberhalb dessen, was für feste Nahrungsmittel beschrieben ist.

Eine weitere französische Forschergruppe bestimmte ebenfalls die Bioverfügbarkeit von Magnesium aus Mineralwasser, wobei hier zusätzlich der Einfluss einer mit dem Wasser aufgenommenen Stan-

dardmahlzeit untersucht wurde. Die Probandengruppe von Sabatier et al. [9] umfasste zehn gesunde Frauen, die in einem Crossover-Design über 4 Tage im Wechsel Folgendes erhielten:

- ausschließlich 500 ml eines magnesiumreichen Mineralwassers (110 mg Magnesium/l) und
- 500 ml des gleichen Mineralwasser zusammen mit einer standardisierten Testmahlzeit

Die Bioverfügbarkeit des Magnesiums wurde durch Zusatz der stabilen Magnesiumisotopen  $^{25}\text{Mg}$  und  $^{26}\text{Mg}$  zum Mineralwasser und anschließender Bestimmung von deren Ausscheidung im Stuhl berechnet. Es ergab sich eine durchschnittliche Bioverfügbarkeit von 45,7% bei alleiniger Wasseraufnahme und von 52,3%, wenn das Mineralwasser zum Essen getrunken wurde – dieser Unterschied ist statistisch signifikant. Die Bioverfügbarkeit des Mineralwasser-Magnesiums lag also auch hier sehr hoch.

Die Autoren spekulieren, ob die bessere Magnesiumaufnahme bei gleichzeitigem Konsum einer Mahlzeit möglicherweise an einer verlängerten Transitzeit im Magen-Darm-Trakt im Vergleich zur reinen Flüssigkeit liegen könnte – denn damit ist die Zeit verlängert, in der Magnesium resorbiert werden kann. Sie empfehlen nach ihren Ergebnissen, magnesiumreiches Mineralwasser nicht nur, aber auch zu den Mahlzeiten zu trinken, um den beschriebenen Effekt auszunutzen.

Auch Kiss und Mitarbeiter [10] fanden eine gute Bioverfügbarkeit von Magnesium aus Mineralwasser (Magnesiumgehalt 204 mg/l). Ihre Probanden (fünf gesunde Frauen) tranken am ersten Tag 1 l des magnesiumreichen Mineralwassers, die folgenden 4 Wochen 1 – 1,5 l täglich. Gemessen wurde in regelmäßigen Abständen die Ausscheidung von Magnesium im Urin, die nach der 4-wöchigen Mineralwasserzufuhr deutlich über den Ausgangswerten lag. Dies spricht ebenfalls für eine gute Bioverfügbarkeit des Magnesiums. Die individuellen Werte für die Magnesiumausscheidung waren dabei allerdings abhängig vom Magnesiumstatus des Körpers vor der Untersuchung – je besser dieser war, desto mehr des zugeführten Magnesiums wurde wieder ausgeschieden.

Eine aktuelle Untersuchung stammt von Karagülle und Mitarbeitern [11] mit einem direkten Vergleich von Mineralwässern mit verschiedenen Magnesiumkonzentrationen im Crossover-Design. Ihre Versuchspersonen waren 22 gesunde Männer, die randomisiert und doppelblind 500 ml Mineralwasser mit unterschiedlichen Magnesiumkonzentrationen tranken. Dabei enthielt Testwasser 1 120 mg Magnesium/l, Testwasser 2 281 mg/l und das Kontrollwasser 8 mg/l. Als weitere positive Kontrolle wurde bei einigen Teilnehmern ein pharmazeutisches Magnesiumsupplement eingesetzt (Magnesiumgehalt 150,8 mg).

Als Parameter für die Magnesiumbioverfügbarkeit dienten die Veränderung der Magnesiumkonzentration im Serum sowie die Zunahme der Magnesiumausscheidung im Urin. Beide Werte nahmen nach Trinken des magnesiumreichen Mineralwassers (Testwasser 2) deutlich zu. Darüber hinaus zeigte sich *kein* signifikanter Unterschied zwischen der Bioverfügbarkeit des Magnesiums aus dem Supplement und dem Magnesium aus dem magnesiumreichen Mineralwasser.

## Anwendbarkeit für die tägliche Praxis

Magnesiumreiches Heilwasser – ein Arzneimittel im Gegensatz zu Mineralwässern – ist also ausgezeichnet zur Prophylaxe eines Magnesiummangels geeignet. Darüber hinaus besteht gemäß den Vorgaben des Bundesinstituts für Arzneimittel und Medizinprodukte [12] eine Indikation für magnesiumreiche Heilwässer:

- bei Magnesiummangelzuständen
- bei erhöhtem Magnesiumbedarf, z.B. bei Leistungssportlern oder in Schwangerschaft und Stillzeit
- zur Prophylaxe und Metaphylaxe kalziumhaltiger Harnsteine



Autorin:  
Dr. med. Dipl.-Biol. Elke Ruchalla  
Schmutterstr. 1  
78647 Trossingen

## Literatur

- 1 Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) et al. (Hrsg). Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1. Aufl., 3., vollständig durchgesehener und korrigierter Nachdruck. Neustadt: Umschau-Buchverlag 2008
- 2 Bohn T, Walczyk T, Davidsson L et al. Comparison of urinary monitoring, faecal monitoring and erythrocyte analysis of stable isotope labels to determine magnesium absorption in human subjects. Br J Nutr 2004;91:113–20
- 3 Golf S. Pharmakokinetik und Bioverfügbarkeit von Magnesium-Verbindungen. Pharmazeutische Zeitung online 2006;11
- 4 Rubenowitz E, Axelsson G, Rylander R. Magnesium in drinking water and body magnesium status measured using an oral loading test. Scand J Clin Lab Invest 1998;58:423–8
- 5 Hesse A, Weber A, Miersch WD. Magnesium-Substitution durch Mineralwasser. Therapiewoche 1988;38:2510–3.
- 6 Ekmekcioglu C. Intestinal bioavailability of minerals and trace elements from milk and beverages in humans. Nahrung 2000;44:390–7
- 7 Galan P, Arnaud MJ, Czernichow S et al. Contribution of mineral waters to dietary calcium and magnesium intake in a French adult population. J Am Diet Assoc 2002;102:1658–62
- 8 Verhas M, de la Guéronnière V, Grognet JM et al. Magnesium bioavailability from mineral water. A study in adult men. Eur J Clin Nutr 2002;56:442–7.
- 9 Sabatier M, Arnaud MJ, Kastenmayer P et al. Meal effect on magnesium bioavailability from mineral water in healthy women. Am J Clin Nutr 2002;75:65–71
- 10 Kiss SA, Forster T, Dongó A. Absorption and effect of the magnesium content of a mineral water in the human body. J Am Coll Nutr 2004;23:758S–62S
- 11 Karagülle O, Kieczka T, Vidal C et al. Magnesium absorption from mineral waters of different magnesium content in healthy subjects. Forsch Komplementärmed Klass Naturheilkd 2006;13:9–14
- 12 Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (ehemals Bundesgesundheitsamt). Monographie: Magnesium-haltige Heilwässer. Bundesanzeiger 1994;37:1618