

## Serum-Magnesium: Normalwerte und Referenzbereiche\*

H. G. Classen, S. Nowitzki

### Zusammenfassung

Das Serum-(Plasma-) Magnesium ist ein relativ einfach zu bestimmender Parameter, dessen Aussagekraft — im Gegensatz zur Grundlagenforschung — in der Klinik häufig in Frage gestellt wird. Unter optimierten Bedingungen liegen die Konzentrationen beim Erwachsenen um 0,85 mmol Mg/l Serum bei einer Standardabweichung von 5 % bis 7 %. Unter ungünstigen Bedingungen kann die Varianz auf Werte über 15 % ansteigen. Eine eindeutige Hypomagnesiämie besteht bei Konzentrationen unterhalb von 0,70 mmol Mg/l. Liegen suboptimale Werte von 0,70 bis 0,75 (0,80) mmol Mg/l vor bei gleichzeitiger klinischer Symptomatik, so darf ein marginaler Mg-Mangel angenommen werden, der eine Supplementation erfordert. Diese Therapie sollte klinisch und blutchemisch kontrolliert werden.

Anhand der Literatur werden die häufigsten Fehler diskutiert, die bei der Festlegung von Referenzbereichen unterlaufen. Werden diese vermieden und der Referenzbereich entsprechend eingengt, so ist das Serum-(Plasma-) Magnesium auch in der Klinik ein nützlicher, aussagekräftiger Parameter, dessen routinemäßige Kontrolle empfohlen wird.

### Summary

Blood magnesium is a fairly easily evaluable parameter, the significance of which — in contrast to basic research — is often viewed with doubt in a clinical context. Under optimal conditions, it is 0.85 mmol/l in the adult, with a standard deviation of 5 to 7 %, which may exceed 15 % under unfavourable conditions. Serum magnesium levels below 0.70 mmol/l are indicative of definite hypomagnesemia. If clinical symptoms coexist with a suboptimal magnesium level of between 0.70 and 0.75 (0.80) mmol/l it is reasonable to conclude that there is slight magnesium deficiency which requires a supplement. Such treatment requires clinical and laboratory monitoring.

The authors use the literature as a basis for discussing the errors most often committed when fixing reference limits. If such errors are avoided, the reference range is then restricted and blood magnesium becomes, even clinically, a useful and exploitable tool, the determination of which on a routine basis can be recommended.

### Résumé

Le magnésémie est un paramètre assez aisément évaluable, dont la signification — contrairement à la recherche fondamentale — est souvent discutée en clinique. Dans des conditions optimales, elle est de 0,85 mmol/l chez l'adulte, avec un écart-type de 5 à 7 %, qui peut dépasser 15 % dans des conditions défavorables. Les concentrations sériques de magnésium inférieures à 0,70 mmol/l traduisent une hypomagnésémie incontestable. S'il existe à la fois des symptômes cliniques et une magnésémie suboptimale comprise entre 0,70 et 0,75 (0,80) mmol/l, on peut conclure à une carence discrète en magnésium, qui nécessite une supplémentation. Ce traitement exige un suivi clinique et biologique.

Les auteurs s'appuient sur la littérature pour discuter des erreurs les plus fréquemment commises lors de la fixation des limites de référence. Si l'on évite ces erreurs, la fourchette de référence se trouve réduite et la magnésémie constitue alors, même en clinique, un paramètre utile et exploitable, dont on peut recommander la détermination en routine.

### 1. Einleitung

Konzentrations-Wirkungs-Beziehungen ergeben für essentielle Mineralstoffe bekanntlich drei große Bereiche: Mangel-Äquilibrium-Über-

schuß. Liegen Mangel oder Überschuß vor, so resultiert eine mehr oder weniger Element-spezifische Symptomatik, die dann erlischt, wenn die Bilanz wieder ausgeglichen ist. In Extremsituationen führen Mangel und Überschuß zum Tod der betroffenen Individuen, während andererseits eine optimale Bilanz volle Funktions- und Leistungsfähigkeit bedeutet. Zwischen diesen drei Punkten der Konzentrations-Wirkungs-Beziehung bestehen aufgrund zahlreicher endogener und exogener Faktoren Schwan-

kungsbereiche und fließende Übergänge. Auch im weitestgehend standardisierten Tierexperiment läßt sich nicht exakt jeweils diejenige Konzentration bestimmen, bei der — reproduzierbar — jeweils alle Individuen eines gleichbehandelten Kollektivs infolge eines Mangels oder eines Überschusses gerade absterben; es hat sich deshalb als notwendig erwiesen, **Bereiche** für die jeweilige  $EC_{50}$  bzw.  $LD_{50}$  festzulegen. Analog ist für das Äquilibrium kein punktueller Zahlenwert, sondern ebenfalls eine

<sup>1</sup> Pharmakologie und Toxikologie der Ernährung am Institut für Biologische Chemie und Ernährungswissenschaft, Universität Hohenheim.

\* Symposium „Spurenelemente in der Ganzheitsmedizin“, Wien, 31. 03. 1990

Spanne, also der Optimalbereich, zu fordern.

Mangel und Überschuß sind durch das Auftreten, der Optimalbereich hingegen durch die Abwesenheit von Symptomen charakterisiert. Entscheidend ist demnach die Festlegung des „Optimal“- „Normal“- oder „Referenz“-bereiches, also die Konzentration, die Gesundheit garantiert, wobei „Gesundheit“ laut WHO als das völlige physische, psychische und soziale Wohlbefinden definiert werden kann. Umgekehrt ausgedrückt ist der Optimalbereich die Konzentration, bei welcher die genannten Kriterien voll erfüllt sind, während Mangel und Überschuß beim Auftreten körperlicher, geistiger oder sozialer Symptome bzw. Störungen einsetzen. Auch klinisch-chemische Untersuchungen werden im Vergleich zu Normalwerten interpretiert, die durch Untersuchungen an „Normalen“, d. h. offenbar Gesunden erhalten werden. *Pindur* und *Pindur* [19] z. B. definieren den Begriff „Normalwert“ als einen bestimmten Konzentrationsbereich einer zu untersuchenden Substanz im Blut, Serum, Urin u. a., der allgemein als „normal“ im Sinne von repräsentativ für einen (körperlich) gesunden Organismus gilt.

Die Problematik, die bei Umsetzung dieser theoretischen Überlegungen in die Praxis resultieren kann, soll am Beispiel der Festlegung von Normalwerten und Referenzbereichen für das Serum-Magnesium aufgezeigt werden.

## 2. Festlegung von Referenzbereichen

Üblicherweise werden die Grenzen eines Normalbereiches für einen bestimmten Parameter über den arithmetischen Mittelwert ( $\bar{x}$ ) repräsentativer Einzelmessungen ( $x$ ) festgelegt, von dem der doppelte Wert der Standardabweichung (SD) subtrahiert (= untere Grenze des Referenzbereiches) bzw. aufaddiert wird (= obere Grenze des Referenzbereiches). Voraussetzung hierfür ist, daß die Meßdaten einer *Gauss'schen* Kurve folgend eine symmetrische Verteilung um

den Mittelwert aufweisen, ggf. nach Transformation, z. B. in Logarithmen. Der von  $\bar{x} \pm 2$  SD abgedeckte Bereich umfaßt dann 95,5 % der Einzeldaten, d. h. jeweils 2,25 % der Werte **gesunder** Probanden liegen jenseits des unteren bzw. des oberen Referenzbereiches, gelten aber definitionsgemäß als „pathologisch“.

Aus Abb. 1 wird deutlich, daß die Spannweite des resultierenden Bereiches von der Steilheit der Glockenkurve abhängt, weiter ist der Stichprobenumfang ( $n$ ) von Bedeutung, der in die Berechnung der Standardabweichung mit eingeht:

$$SD = \sqrt{\frac{(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Bei der Diskussion in der Literatur mitgeteilter Referenzbereiche für Magnesium (Mg) ist also zu prüfen, ob die verwendeten Stichproben repräsentativ waren, ob präzise Analyseverfahren benutzt wurden (vorzugsweise die Atomabsorptionsspektrophotometrie, AAS) und ob die biometrischen Voraussetzungen erfüllt waren.

## 3. In der Literatur für das Serum-Mg angegebene Normalbereiche

Aus verschiedenen, in Tab. 1 zusammengestellten Magnesiummonographien geht hervor, daß die Serum-Mg-Konzentration gesunder Erwachsener im arithmetischen Mittel bei 0,85 mmol Mg/l liegt. Die Varianz, d. h. die prozentuale Streuung um den Mittelwert, reicht hingegen von 5,9 % bis fast 15 % und beträgt im Durchschnitt rd. 8 %. — Bezüglich des je-

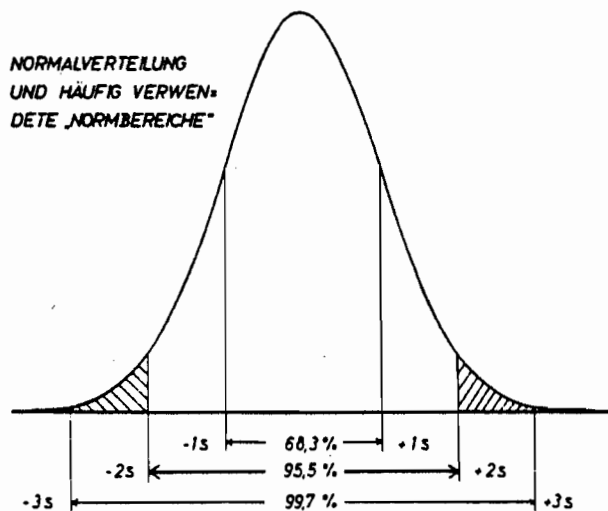


Abb. 1: Unter Idealbedingungen weisen biochemische Parameter einer homogenen Population eine Gauss'sche Normalverteilung auf. Der „Normal“- bzw. „Referenz“-Bereich entspricht dann  $\bar{x} \pm 2$  SD und umfaßt 95,5 % der Daten.

weiligen Stichprobenumfanges finden sich nur gelegentlich Angaben, auf das Vorliegen von Normalverteilung findet sich nur bei *Durlach* [7] eine definitive Aussage. Die resultierenden Referenzbereiche ( $\bar{x} - 2$  SD bzw.  $\bar{x} + 2$  SD) schwanken beträchtlich, im Mittel ergibt sich eine Spanne von 0,74 – 1,04 mmol Mg/l.

Daten aus verwertbaren epidemiologischen Studien sind in den Tab. 2 – 4 zusammengefaßt. Hieraus ergibt sich übereinstimmend mit Tab. 1, daß die Serum-Mg-Spiegel im Mittel um 0,85 mmol Mg/l liegen. Bezüglich des Stichprobenumfanges, der Prüfung auf Normalverteilung und der Präzision der Analytik erscheinen die Anforderungen im allgemeinen erfüllt zu sein. Dennoch fällt wiederum auf, daß die Standardabweichungen der entsprechenden Mittelwerte beträchtlich variieren, und zwar von 5,7 % [14] bis hin zu 15,3 % [28]. Ganz eindeutig und gravierend manifestieren sich hier — meist unberücksichtigte — Alters- und Geschlechtseinflüsse (siehe vor allem Tab. 3 und Abb. 2 a + b); hinzu kommen tageszeitliche Schwankungen [9]. Auf rassenspezifische Effekte [15] soll hier nicht eingegangen werden.

Aus umfangreichen systematischen Fütterungsversuchen ist bekannt, daß das Serum-Mg direkt mit der über

# Serum-Magnesium: Normalwerte und Referenzbereiche

Tab. 1: Serum-Mg: Referenzwerte in Monographien.

Autor	Mittelwert ( $\bar{x}$ )	Standard-Abweichung		Normal-Verteilung	Bemerkungen	Referenz-Bereich ( $\bar{x} \pm 2 \text{ SD}$ )
		mmol/l	% von $\bar{x}$			
Hänze, 1962	0,85 0,87	0,10 0,07	11,8 8,0		Serum = Plasma	0,65–1,05 0,73–1,01
Simon, 1967	0,80	–	–		19 Autoren, großer Spielraum	–
Parfitt u. Kleerekoper, 1980	0,85	0,05	5,9		Kein Alters-/Sex-Einfluß	0,75–0,95
Seelig, 1980	0,85	0,06	7,1		Individuell für jedes Labor!	ca. 0,73–0,97
Wacker, 1980	1,03	0,09	8,7		Range unter 15 %	0,85–1,21
Aikawa, 1981	0,85		<15,0		Kein Sex-Effekt	
Durlach, 1985	0,88	0,06	6,8	+	Keine Tetaniker (!) n = 50	0,76–1,00
Holtmeier, 1988	0,84 0,81	0,07 0,09	8,3 11,1	?	Alterseffekte	0,70–1,10
Mittel	0,86	0,07	8,1			0,74–1,04

Tab. 2: Serum-Mg: Epidemiologie (Europa).

Autor	Alter (J)	Geschl.	N	MW	SD (%)	Bemerkungen	Untere Grenze Refer.-Bereich
Danielson et al., 79	15–85	m w	60 50	0,83 0,82	6 7,3	Uppsala, „Gesunde“ nüchtern, AAS Normalverteilung	0,73 0,70
Gueux et al., 88	38±10 36± 8	m w	587 384	0,81 0,79	7,4 7,6	Clermont-Ferrand Blutspender, Frühstück AAS, Sex-Einfluß Normalverteilung	0,69 0,68
Lasserre et al., 89	48±12	m w	163 271	0,88	5,7	Südschweiz, ambul. P. AAS, Normalverteilung	0,78
Schmickaly et al., 89				0,86		Arzneibuch der DDR, 1984	0,80
Meisinger et al., 86	ca. 44	m w	291 126	0,71	–	Österreich, gesunde Probanden	0,61

Futter und Trinkwasser zugeführten Menge korreliert [2]. Dasselbe dürfte auch für den Menschen zutreffen [4]. Deshalb erscheint die Forderung gerechtfertigt, Referenzwerte nur von „gesunden“ Probanden zu erheben,

die etwa vier Tage lang auf einer, z. B. den Empfehlungen der DGE entsprechend zusammengesetzten Standarddiät gehalten wurden; analog dazu wurde von *Lücker* und *Nestler* empfohlen, vor Prüfung der therapeuti-

schen Verwertbarkeit von Mg-Verbindungen die „tiefen“ Mg-Speicher optimal aufzufüllen [16].

Werden die aufgezählten Bedingungen erfüllt, nämlich:

- Beachtung von Alters- und Geschlechtseinflüssen,
- Ausschluß tageszeitlicher Schwankungen durch Probenentnahme zu definierten Zeitpunkten,
- Einhaltung von Standarddiäten über ca. vier Tage,
- Wahl eines ausreichend großen Stichprobenumfanges ( $n > 50$ ),
- Vermeidung von Analysefehlern [4]

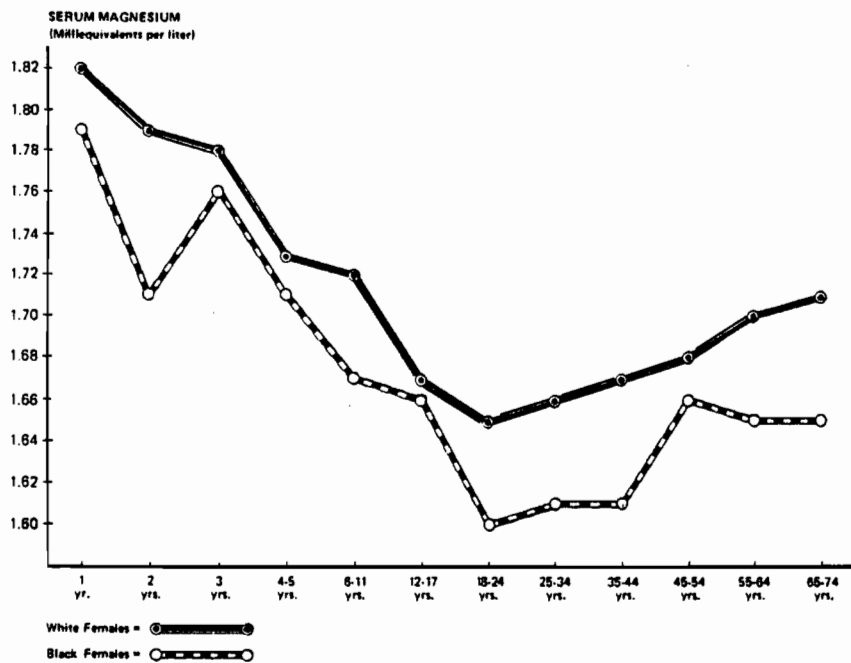
so sollte die Variabilität bei maximal 6,5 % liegen.

## 4. Häufigkeit von Hypomagnesiämien

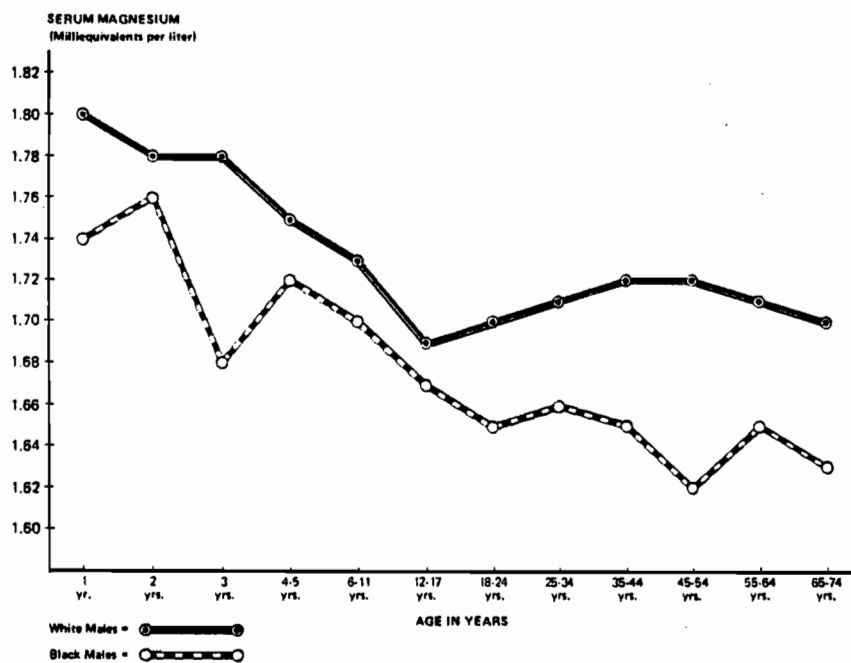
In der Literatur finden sich — entsprechend der jeweiligen Grenze der unteren Norm — äußerst widersprüchliche Mitteilungen über die Häufigkeit von Hypomagnesiämien, d. h. von Abweichungen der Norm nach unten:

*Croker* et al. [5] stellten die Frage, ob die routinemäßige Bestimmung des Plasma-Mg eine sinnvolle Maßnahme sei. Die Autoren legten bei Patienten und Blutspendern jeweils einen unterschiedlichen „Normalbereich“ fest, beobachteten dann bei 4,5 % bzw. 11,7 % von 527 Patienten „Hypomagnesiämien“ und schließen: „Screening all patients for hypomagnesemia and hypermagnesemia would appear clinically unproductive“. Ähnlich schließen *Kafka* et al. [13]: „Hypomagnesiämie occurred in only 4 % of the cases. This low incidence does not justify routine measurements of serum-Mg levels“. Die Varianz der verwendeten Referenzpopulation betrug hier  $\pm 15,5$  %!

Im Gegensatz dazu fanden *Whang* et al. [29] bei 18,2 % ihres Krankengutes Hypomagnesiämien, *Dyckner* [8] bei 45,9 %, *Gottlieb* bis zu 37 % [10] und die Arbeitsgruppe von *Ryzen* [20, 21] bis zu 65 %. Entsprechend folgern *Ryzen* et al. [20]: „Magnesium deficiency is a common clinical finding, which can result in hypocalcemia,



a



b

Abb. 2 a + b: Serum-Mg-Spiegel bei weiblichen (a) und männlichen (b) Probanden weißer bzw. schwarzer Hautfarbe (USA) in Abhängigkeit vom Alter (15). (Mit Erlaubnis der Autoren und des Verlages J. Wiley, New York)

hypokalemia, cardiac arrhythmias, muscular weakness and increased neuromuscular excitability“.

### 5. Lösungsvorschläge

Optimal wäre es — in Analogie zu den Zufuhrempfehlungen der DGE

für essentielle Nahrungsbestandteile — Referenzwerte für verschiedene Altersgruppen, getrennt nach Geschlechtern unter standardisierten Bedingungen zu erarbeiten. Der erforderliche Aufwand wäre aber gewaltig.

Der Vorschlag von Seelig [23], jeder Arbeitskreis müsse seinen spezifischen Referenzbereich festlegen, ist abzulehnen. Zwar trifft diese Empfehlung den Kern der Sache — der Pädiater benötigt andere Referenzbereiche als der Geriatriker oder der Geburtshelfer — doch resultieren in der Praxis die dargestellten unvermeidbaren Widersprüche (vgl. Punkt 4!).

Es ist sicher berechtigt, bei Werten unter 0,70 mmol Mg/l Serum oder Plasma auf einen Mangel zu schließen, so wie von einer Expertenkommission der Gesellschaft für Magnesium-Forschung vorgeschlagen wurde [3]. Trägt man gemäß den Tabellen 1 – 4 entsprechende arithmetische Mittelwerte und zugehörige Standardabweichungen in % gegeneinander auf, so ergibt sich eine lineare Funktion (Abb. 3). Die Gerade schneidet die Y-Achse erwartungsgemäß bei 0,85 mmol Mg. Bei einer hohen prozentualen Standardabweichung von 9 % ergibt sich übereinstimmend ein unterer Referenzbereich von 0,70 mmol Mg/l. Legt man aber bei besser standardisierten Untersuchungsbedingungen eine Varianz von nur 6,0 % zugrunde, so liegt der untere Referenzbereich bei 0,75 mmol Mg/l und erhöht sich bei noch geringerer Varianz.

Für die Praxis bedeutet dies (vgl. Abb. 4), daß bei Serum-Plasma-Mg-Werten unter 0,70 mmol Mg/l ein Mangel besteht, der in verschiedene Schweregrade weiter unterteilt werden kann. Der Bereich von 0,70 bis 0,75 (vielleicht sogar bis 0,80) ist „suboptimal“, hier kann ein Defizit bestehen. Ist gleichzeitig eine entsprechende klinische Symptomatik nachweisbar [3], so sollte supplementiert und später kontrolliert werden, ob eine Besserung der Symptomatik mit einem Anstieg der Mg-Konzentration in den Optimalbereich einhergeht. Analoges

# Serum-Magnesium: Normalwerte und Referenzbereiche

Tab. 3: Serum-Mg: Epidemiologie (USA/Afrika).

Autor	Alter (J)	Geschl.	N	MW	SD (%)	Bemerkungen	Untere Grenze Refer.-Bereich
West et al., 84	25-44	m	23	0,91	7,3	Salt Lake City, USA Random Telefon-Methode Morgens - nüchtern Aufarbeitung in 44 min Colorimetrie Alters- u. Sex-Effekte	0,77
		w	22	0,86	6,7		0,75
	45-59	m	18	0,91	8,6		0,75
		w	26	0,86	11,0		0,67
	60-79	m	15	0,86	12,4		0,63
		w	19	0,78	15,3		0,55
Stanton et al., 87	15-49	w	6838	0,84	7,4	ohne Contraceptiva mit Contraceptiva p. m. AAS, nicht nüchtern	0,72
		w	2630	0,82	8,3		0,69
		w	4912	0,85	8,5		0,71
Touzy et al., 89	20-60	m	214	0,94	7,4	Johannisburg, schwarze Arbeiter, Allgem.-Unters. AAS	0,80

Tab. 4: Serum-Mg von US-Amerikanern, 1971-1974, Weiße (Loewenstein u. Stanton, 1986).

Alter (J.)	Geschl.	N	MW*	SD* (%)	Untere Grenze des Referenz-Bereichs (mmol/l)
1	m	98	0,90	6,7	0,78
	w	78	0,91	7,1	0,78
2	m	126	0,89	6,2	0,78
	w	121	0,90	6,7	0,78
3	m	167	0,89	7,3	0,76
	w	150	0,89	8,9	0,73
4-5	m	436	0,88	7,4	0,74
	w	428	0,87	6,9	0,75
6-11	m	764	0,87	7,5	0,74
	w	763	0,86	6,4	0,75
12-17	m	886	0,85	6,5	0,74
	w	796	0,84	7,2	0,72
18-24	m	626	0,85	7,6	0,72
	w	1164	0,83	7,9	0,70
25-34	m	672	0,86	7,0	0,74
	w	1539	0,83	7,8	0,70
35-44	m	569	0,86	7,6	0,73
	w	1302	0,84	7,8	0,71
45-54	m	628	0,86	8,7	0,72
	w	705	0,84	8,3	0,70
55-64	m	505	0,86	8,2	0,72
	w	551	0,85	8,2	0,71
65-74	m	1344	0,85	8,2	0,71
	w	1496	0,86	9,4	0,70
Mittel			0,86	7,6	0,734

\* Normalverteilung!

gilt für Hypermagnesiämien.

Die hier am Beispiel des Serum-Mg aufgezeigten Zusammenhänge dürften auch für andere essentielle Nahrungsinhaltsstoffe zutreffen und sollten dazu beitragen, Diskrepanzen zwischen klinischer Symptomatik, biochemischen Laborbefunden und Therapieeffekten auszugleichen.

## Literatur

- [1] Aikawa, J. A.: Magnesium, Its biologic significance. CRC Press, Boca Raton 1981, p. 43.
- [2] Classen, H. G., G. Fischer, M. Mösclin, C. Tilch: Cubic function between increasing dietary magnesium levels and the magnesium concentration of serum and bone in young rats. *Magnesium* **2** (1983) 267-278.
- [3] Classen, H. G., W. Achilles, G. M. Bachem, A. Conradt, R. Fehlinger, H. H. Gossmann, T. Günther, K. J. Münzenberg, K. Paschen, G. Schreiber, A. Schroll, L. Spätling, A. Wischnik, H. Zumkley: Magnesium: Indications concerning diagnosis and treatment in man. *Magnesium-Bulletin* **8** (1986) 117-135.
- [4] Classen, H. G., S. Nowitzki: Die klinische Bedeutung von Magnesium, Teil 1 und 2. *Fortschr. Med.* **108** (1990) 148-151, 198-200.
- [5] Croker, J. W., R. N. Walmsley: Routine plasma magnesium estimation: a useful test? *Med. J. Aust.* **145** (1986) 71-76.
- [6] Danielson, B. G., G. Johansson, S. Ljunghall: Magnesium metabolism in healthy subjects. *Scand. J. Urol. Nephrol.*, **51** (Suppl.) (1979) 49-73.
- [7] Durlach, J.: Le magnésium en pratique clinique. J. B. Baillière, Paris 1985, p. 46-47.
- [8] Dyckner, T.: Serum magnesium in acute myocardial infarction. *Acta Med. Scand.* **207** (1980) 59-66.
- [9] Ebel, H., H. G. Classen, P. Marquardt, M. Späth: Zur Pharmakologie und Pharmakokinetik von Magnesium. *Münchener Med. Wschr.* **171** (1975) 1243-1248.
- [10] Goullieb, S. S.: Importance of magnesium in congestive heart failure. *Am. J. Cardiol.* **63** (1989) 396-426.
- [10a] Gueux, E., P. Duchene-Marullaz, Y. Rayssiguier: Plasma and erythrocyte magnesium levels in a French population. *Magnesium-Bull.* **10** (1988) 77-80.
- [11] Hänze, S.: Der Magnesiumstoffwechsel. G. Thieme, Stuttgart 1962, S. 3.
- [12] Holtmeier, H. J.: Das Magnesiummangel-syndrom. Hippokrates, Stuttgart 1988, S. 17-18.

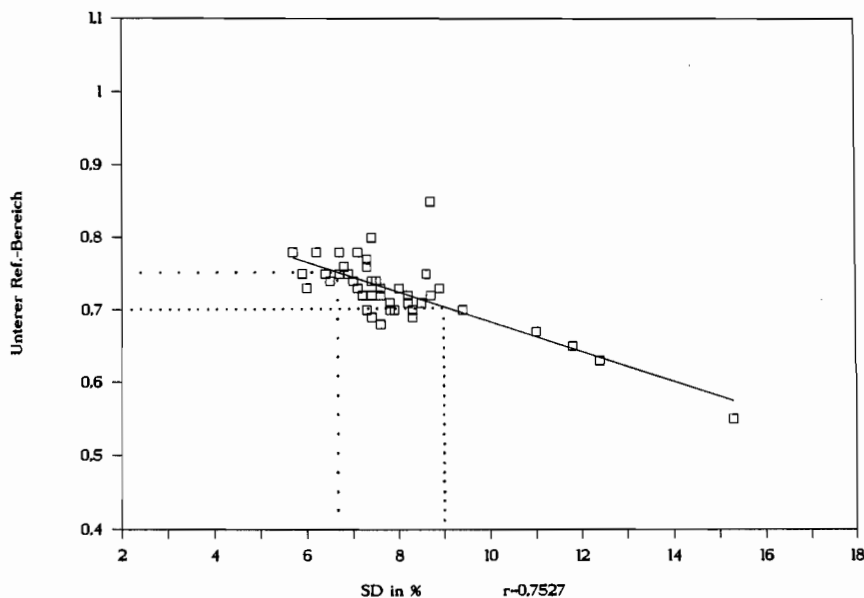


Abb. 3: Zusammenhang zwischen den in Tab. 1–4 dargestellten Mittelwerten für das Serum-Mg und zugehörigen Standardabweichungen in Prozent. Liegt die SD bei 9 %, so ergibt sich ein unterer Bereich der Norm von 0,70 mmol Mg/l; bei Variationen zwischen 6,5 % und 7 % resultiert eine untere Grenze von 0,75 mmol Mg/l.

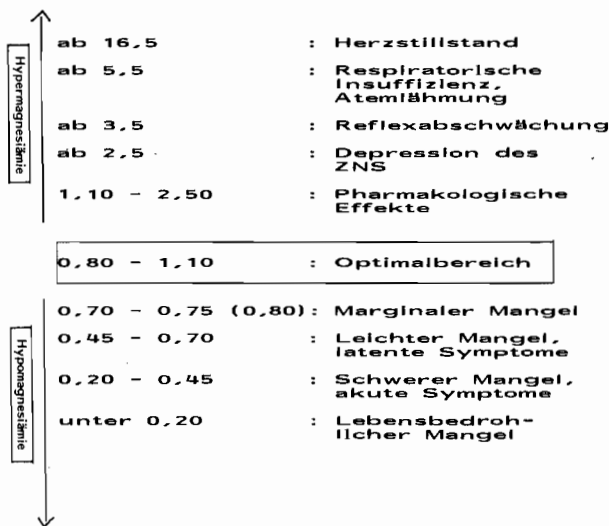


Abb. 4: Zuordnung des Serum-Mg zur klinischen Symptomatik (Angaben in mmol/l Serum oder Plasma).

- [13] Kafka, H., L. Langevin, P. W. Armstrong: Serum magnesium and potassium in acute myocardial infarction. *Arch. Intern. Med.* 147 (1987), 465–469.
- [14] Lasserre, B., C. Holzer, M. Spoerri: Le déficit en magnésium en pratique quotidienne. *Magnesium-Bull.* 11 (1989), 111–114.
- [15] Lowenstein, F. W., M. F. Stanton: Serum magnesium levels in the United States, 1971–1974. *J. Am. Coll. Nutr.* 5 (1986) 399–414.
- [16] Lücker, P. W., T. Nestler: Zur therapeutischen Verwertbarkeit von Magnesiumzubereitungen. *Magnesium-Bull.* 7 (1985) 62–65.
- [17] Meisinger, V.: Verfahren einer zuverlässigen Magnesiumbestimmung im Serum und im Harn mittels Flammen-Atom-Absorptions-Spektroskopie. In: Gruber, O.: *Magnesium, Expertengespräch 1986*. L. Boltzmann – Forschungsstelle, Wien 1986, S. 13–23.
- [18] Parfitt, A. M., M. Kleerekoper: Clinical disorders of calcium, phosphorus, and magnesium metabolism. In: Maxwell, M. H., C. R. Kleeman (Eds): *Clinical disorders of fluid and electrolyte metabo-*

- lism. Mc Graw-Hill, New York 1980, p. 1093.
- [19] Pindur, U., G. Pindur: *Medizinische Laboratoriumsdiagnostik*. Wissenschaft. Verlagsges., Stuttgart 1983.
- [20] Ryzen, E., K. L. Servis, P. De Russo, A. Kershow, T. Stephen, R. K. Rude: Determination of intracellular free magnesium by nuclear magnetic resonance in human magnesium deficiency. *J. Am. Coll. Nutr.* 8 (1989) 580–587.
- [21] Ryzen, E.: Magnesium homeostasis in critically ill patients. *Magnesium* 8 (1989) 201–212.
- [22] Schmickaly, R., B. Nickel, H. K. Kursawe, M. Järisch, E. Sachs, A. Karson, R. Fehlinger: Hypomagnesiämie, Hypokaliämie und initialer Anfall beim Delirium tremens. *Magnesium-Bull.* 11 (1989) 47–52.
- [23] Seelig, M. S.: *Magnesium deficiency in the pathogenesis of disease*. Plenum Med. Book Co., New York – London 1980.
- [24] Simon, K. H.: *Magnesium*. Wiss. Verlagsges., Stuttgart 1967, S. 45.
- [25] Stanton, M. F., F. W. Lowenstein: Serum magnesium in women during pregnancy, while taking contraceptives, and after menopause. *J. Am. Coll. Nutr.* 6 (1987) 331–319.
- [26] Touzy, R. M., S. Rathakrishnan, E. Adam, M. Sonnekus, S. G. Reinach, F. J. Milne: The relationship between magnesium, calcium, sodium, potassium and blood pressure in South African adult males. *Magnesium* 8 (1989) 145–153.
- [27] Wacker, W. E. C.: *Magnesium and man*. Harvard Univ. Press, Cambridge – London, (1980), p. 53.
- [28] West, D. W., O. Ash: Adult reference intervals for 12 chemistry analytes: Influences of age and sex. *Am. J. Clin. Pathol.* 81 (1984), 71–76.
- [29] Whang, R., J. K. Aikawa, T. O. Oei, T. Hamiter: Routine serum magnesium determination – an unrecognized need. In: Cantin, M., M. S. Seelig: *Magnesium in health and disease*. SP Medical Science Books, New York – London (1980), p. 1–5.

(Korrespondenz an: Hans Georg Classen, Pharmakologie und Toxikologie der Ernährung am Institut für Biologische Chemie und Ernährungswissenschaft, Universität Hohenheim, Postfach 700 562, D-7000 Stuttgart 70/Hohenheim)