

Journal für
Mineralstoffwechsel
Zeitschrift für Knochen- und Gelenkerkrankungen
Orthopädie • Osteologie • Rheumatologie

**Analytische Aspekte in der
Bestimmung von Kalium und Magnesium**

Klotz W, Herold M

*Journal für Mineralstoffwechsel &
Muskuloskelettale Erkrankungen*

2003; 10 (Sonderheft 1), 29-30

Homepage:

**[www.kup.at/
mineralstoffwechsel](http://www.kup.at/mineralstoffwechsel)**

**Online-Datenbank mit
Autoren- und Stichwortsuche**

Member of the



Indexed in SCOPUS/EMBASE/Excerpta Medica
www.kup.at/mineralstoffwechsel



Offizielles Organ der
Österreichischen Gesellschaft
zur Erforschung des Knochens
und Mineralstoffwechsels



Österreichische Gesellschaft
für Orthopädie und
Orthopädische Chirurgie



Österreichische
Gesellschaft
für Rheumatologie

Krause & Pachernegg GmbH · VERLAG für MEDIZIN und WIRTSCHAFT · A-3003 Gablitz

P.b.b. GZ02Z031108M, Verlagspostamt: 3002 Purkersdorf, Erscheinungsort: 3003 Gablitz

Erschaffen Sie sich Ihre ertragreiche grüne Oase in Ihrem Zuhause oder in Ihrer Praxis

Mehr als nur eine Dekoration:

- Sie wollen das Besondere?
- Sie möchten Ihre eigenen Salate, Kräuter und auch Ihr Gemüse ernten?
- Frisch, reif, ungespritzt und voller Geschmack?
- Ohne Vorkenntnisse und ganz ohne grünen Daumen?

Dann sind Sie hier richtig



Analytische Aspekte in der Bestimmung von Kalium und Magnesium

W. Klotz, M. Herold

In vollautomatisierten Laboratorien werden Kalium (K^+) und freies Magnesium (Mg^{++}) mit ionenselektiven Elektroden gemessen, Kalium wird alternativ zumeist flammenfotometrisch bestimmt, gesamtes (freies und gebundenes) Magnesium fotometrisch nach Farbkomplexbindung. Die Methoden sind ausgereift und über Jahre bewährt, die analytische Schwankung ist minimal. Fehlerquellen und Mißinterpretation von abweichenden Werten beruhen vorwiegend auf unvermeidbaren Einflüssen in der präanalytischen Phase (Zellzerfall, pH-Wert-Änderung durch lange Lagerzeit). Zu eng gesetzte Normbereiche ignorieren individuelle zirkadian-rhythmische Schwankungen. Änderungen der Blutkonzentration mit zunehmendem Lebensalter können bei Kalium und Magnesium vernachlässigt werden.

In completely automatized laboratories sodium (K^+) and magnesium (Mg^{++}) are detected with ion selective electrodes, alternatively sodium is measured with flame-atomic emission, total (free or ionized and bound) magnesium colorimetric after chemical reaction. The methods are well evaluated and in use over years, the analytical variation very small. Mistakes and misinterpretation of changing values are mainly based on unavoidable influences during the preanalytical phase (cell death, changes of pH-value according to long standing time). Too narrow normal ranges ignore individual circadian rhythmic changes. Changes of blood concentration with increasing age can be neglected. J Miner Stoffwechs 2003; 10 (suppl 1): 29–30.

Die Bestimmungen der Metallionen Kalium (K^+) oder Magnesium (Mg^{++}) zählen zu den am längsten und immer noch am häufigsten durchgeführten Analysen im klinisch-chemischen Routinelabor. Die analytischen Methoden sind ausgereift und über lange Zeiträume bewährt [1]. Die analytisch bedingten Schwankungen – gemessen sowohl an der Intra- als auch an der Interassayvarianz – zählen zu den niedrigsten von allen Analysen, die im klinisch-chemischen Routinelabor durchgeführt werden. Ein vom Labor freigegebenes Ergebnis bezüglich Serum- oder Plasmakonzentration von Kalium oder Magnesium kann mit großer Wahrscheinlichkeit als analytisch richtig angesehen werden. Zwischen einzelnen Laboratorien finden sich mitunter geringgradige Unterschiede in der Definition der Normbereiche, die durch verschiedene Meßmethoden oder unterschiedlich verwendete Kalibratoren bedingt sein können. Auffallende, von der Norm abweichende Werte, für die weder eine Krankheit noch ein Grund zu therapeutischem Handeln gefunden werden kann, sind meist durch Veränderungen des Probenmaterials während der präanalytischen Phase zwischen Blutabnahme und chemischer Analyse bestimmt. Die kurze Zusammenfassung der verwendeten analytischen Methoden und die Darstellung der möglichen Einflußgrößen auf das Analyseergebnis sollen helfen, Meßergebnisse richtig zu bewerten.

Bestimmungsmethoden Kalium

Für die Bestimmung von Kalium stehen in der klinisch-chemischen Routine verschiedene Methoden [1] zur Verfügung, die aufgrund des Meßprinzips leicht unterschiedliche Werte liefern. Bei der Flammenfotometrie oder Flammenemissionsspektrometrie wird die Probe hochverdünnt und fein vernebelt in eine heiße, meist durch Propan- oder Acetylgas gespeiste Flamme getrieben. Die durch die Wärme angeregten Kaliumatome emittieren monochromatisches Licht, dessen Intensität proportional der Kaliummenge ist. Die Flammenfotometrie gilt als Referenzmethode für die Konzentrationsbestimmung von Kalium in biologischen Flüssigkeiten. Der Nachteil der Flammenfotometrie ist der relativ hohe arbeitstechnische Aufwand, weshalb sie zunehmend seltener in Laboratorien angewendet wird.

Die Methode der Wahl stellt die Bestimmung mit Hilfe von ionenselektiven Elektroden (ISE) dar [2]. Die Methode ist gut automatisierbar, kann sowohl für Vollblut als auch für Plasma oder Serum angewendet werden und ist in unverdünnten wie auch in verdünnten Proben durchführbar. Das Prinzip der ionenselektiven Methode beruht auf Messung der Ionenaktivität des gesuchten Ions. Durch eine spezifische, für jedes Ion in bezug auf Durchlässigkeit selektive Membran (bei Kalium Valinomycin) wird die Probenlösung von der Meßlösung getrennt. In Abhängigkeit von der Kaliumkonzentration diffundiert Kalium in die Meßlösung, deren Elektrodenpotential sich im Vergleich zum Elektrodenpotential einer Referenzelektrode in Abhängigkeit von der Ionenstärke ändert. Das Meßprinzip ist letztendlich eine elektrische Messung, die mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden kann. Allerdings wird nicht die Konzentration des Ions gemessen, sondern dessen Ionenaktivität, die in einem weiten Bereich mit der Ionenkonzentration linear korreliert. Die Ionenaktivität wird zur einfacheren Handhabung umgerechnet auf Konzentration des Ions in mmol/l.

Durch ISE wird die Ionenkonzentration in Plasma- oder Serumwasser bestimmt, während bei der Flammenfotometrie die Kaliumkonzentration aus dem gesamten Probenvolumen (Plasma- oder Serumwasser plus Volumen der gelösten Makromoleküle wie Lipide oder Proteine) ermittelt wird. Daraus ergeben sich zwei beachtenswerte Konsequenzen. Einmal sind die Werte gemessen durch ISE vom Prinzip her höher. Dieser Nachteil wird durch Kalibration des Meßsystems mit einem Standard in biologischer Flüssigkeit, die eine durchschnittliche Menge an Makromolekülen enthält, ausgeglichen. Zweitens kann der durch das Meßprinzip bedingte Unterschied bei sehr hohen Lipid- oder Proteinkonzentrationen zur Geltung kommen, in denen die Flammenfotometrie falsch niedrige Werte liefert.

Um den Fehler der wechselnden Zusammensetzungen in biologischen Flüssigkeiten auszugleichen, wird die ISE neben der Bestimmung in unverdünnten Proben auch zur Bestimmung in verdünnten Proben angewendet. Rundversuche, in denen mehrere Laboratorien die gleiche Probe bestimmen, zeigen deutlich, daß die Werte, die durch direkte ISE bestimmt wurden, geringgradig höher liegen als Werte durch indirekte ISE [3].

Kalium kann auch spektralfotometrisch durch Farbbildung nach enzymatischer Reaktion bestimmt werden [4].

Aus der Universitätsklinik für Innere Medizin Innsbruck
Korrespondenzadresse: ao. Univ.-Prof. Dr. Manfred Herold, Univ.-Klinik für Innere Medizin, Anichstraße 35, A-6020 Innsbruck;
E-mail: manfred.herold@uibk.ac.at

Diese Methode wird vor allem bei trockenchemischen Methoden angewendet.

Präanalytische Einflüsse auf den Kaliumwert

Intrazellulär ist die Kaliumkonzentration wesentlich höher als extrazellulär, zum Beispiel in Erythrozyten ist die Konzentration etwa 25-mal höher als in Plasma. Hämolytische Seren zeigen daher falsch hohe Werte an, ebenso Plasmen oder Seren, die zu spät von Zellen oder Blutkuchen abentrifugiert wurden. Auch kapillär abgenommenes Blut sollte wegen der Gewebsverletzung bei der Punktion und Freisetzung von intrazellulärem Kalium nicht verwendet werden. Im Serum ist die Konzentration etwas höher als im Plasma, da im Gerinnungsprozeß intrazelluläres Kalium (vor allem aus Thrombozyten) freigesetzt wird. Für flammenfotometrische Kaliumbestimmung ist die Konzentration in Plasma oder Serum, das zur Vermeidung von Verdunstung im geschlossenen Gefäß aufbewahrt wird, stabil. Bei Bestimmung mit ionenselektiven Elektroden bewirkt der Alterungsprozeß von biologischen Flüssigkeiten mit pH-Wert Zunahme eine Abnahme der Ionenaktivität und damit eine falsch niedrige Kaliumkonzentration.

Bestimmungsmethoden Magnesium

Die analytische Methode zur Bestimmung von Magnesium in biologischer Flüssigkeit richtet sich in erster Linie nach der Fragestellung [5]. Magnesium kommt im Plasma sowohl als freies Ion als auch gebunden an andere Moleküle vor. Der Anteil zwischen frei und gebunden ist nahezu gleich. Genau aufgeschlüsselt liegen im Durchschnitt vom gesamten gelösten Magnesium 55 % in ionisierter Form vor, 33 % des gelösten Magnesiums sind an Proteine, die restlichen 12 % sind an Anionen wie Phosphat, Bikarbonat oder Citrat komplex gebunden. Zur Bestimmung des Gesamtmagnesiumgehalts werden in der Routine fotometrische Methoden eingesetzt. Nach Reaktion des gelösten Magnesiums mit Komplexbildnern und Entwicklung einer zumeist tiefblauen Farbe wird spektralfotometrisch die Farbintensität bestimmt, die der Magnesiumkonzentration proportional ist. Die Methode ist einfach in der Durchführung, schnell, billig und verhältnismäßig wenig stör anfällig. Falsch negative Werte können entstehen, wenn zur Blutabnahme als Gerinnungshemmer Komplexbildner wie zum Beispiel Citrat oder EDTA verwendet werden.

Für die Bestimmung des sog. ionisierten Magnesiums, worunter man den nichtgebundenen Anteil der Magnesiumionen versteht, werden ionenselektive Elektroden eingesetzt. Die Bestimmung erfolgt aus unverdünnter Probe, die Werte unterschiedlicher Gerätehersteller sind vergleichbar und gut reproduzierbar [6].

Es ist nicht geklärt, welcher Bestimmungsmethode von Magnesium der Vorzug zu geben ist. Die Konzentrationen von ionisierten und gesamten Magnesium korrelieren relativ schlecht [7, 8]. Unter der Annahme, daß das ionisierte Mg^{++} auch das physiologisch wirksame ist, sollte die Bestimmung des ionisierten Mg mit ionenselektiven Elektroden die Methode der Wahl sein [9]. Die klinische Praxis bestätigt nicht unbedingt die theoretische Annahme [10].

Als Referenzmethode für die Magnesiumbestimmung gilt die Atomabsorptionsspektrometrie, eine Methode, die in der klinisch-chemischen Routine aufgrund ihres hohen Apparatenaufwands und der diffizilen Meßtechnik nicht angewendet wird.

Präanalytische Einflüsse auf den Magnesiumwert

Auch bei Magnesium würde Hämolysen falsch hohe Konzentrationen zeigen, allerdings nicht im gleichen Maße wie bei Kalium, da die Magnesiumkonzentration in Erythrozyten nur ungefähr dreimal höher ist als im Plasma. Auch längeres Stehenlassen der Blutprobe vor dem Zentrifugieren ist ohne Bedeutung, da Magnesium nicht aus den intakten Erythrozyten diffundiert. Zu langes Stauen bei der Blutabnahme führt zu falsch hohen Magnesiumwerten, da durch den Staudruck der Filtrationsdruck in den Kapillaren gesteigert wird, was zu einem vermehrten Austritt von intravasaler Flüssigkeiten führt. In der Folge kommt es zum intravasalen Konzentrationsanstieg von Proteinen und protein-gebundenen Bestandteilen wie zum Beispiel Magnesium.

Abnorme Werte ohne Krankheitswert

Kalium und Magnesium zeigen wie alle Blutbestandteile physiologisch bedingte Konzentrationsschwankungen. Ursachen sind der Zirkadianrhythmus, der unabhängig von Körperlage, Nahrungsaufnahme oder Hell-Dunkel-Wechsel nachweisbar ist [11, 12], Konzentrationsänderungen durch die Körperlage oder Einflüsse durch Nahrungsaufnahme. Tageszeitlich bedingte Schwankungen sind vor allem bei Kalium auffallend. Die standardisierte Probenabnahme beim nüchternen Patienten zum gleichen Zeitpunkt unter gleichen Bedingungen ist nicht praktikabel, die Schwankungen müssen in der Befundbewertung bei Fehlen einer klinischen Symptomatik als mögliche Ursache berücksichtigt werden [13].

Ohne praktische Bedeutung sind Änderungen der Konzentrationen von Kalium oder Magnesium im Jahresrhythmus [14], Änderungen mit zunehmendem Lebensalter des Erwachsenen oder geschlechtsspezifische Konzentrationsunterschiede, da die Differenzen nur minimal sind.

Literatur:

1. Thomas L, Dörner K. In: Thomas L (Hsg). Labor und Diagnose. Verlag TH-Books-Verl.-Ges., Frankfurt/Main, 5. Auflage, 1998; 315–22 und 348–50.
2. Dewitte K, Stöckl D, Thienpont LM. Measurement of serum sodium and potassium with direct ion-selective electrode system. Clin Chim Acta 1999; 282: 227–8.
3. DGKC, <http://62.8.244.187/dgkc/rv/index.html>
4. Chalas J, Francoual J, Lindenbaum A. Enzymatic determination of sodium, potassium and chloride in plasma. Ann Biol Clin (Paris) 1994; 52: 333–9.
5. Foley Ch, Zaritsky A. Should we measure ionized magnesium? Crit Care Med 1998; 26: 1949–50.
6. Klotz W, Herold M. Die Konzentration von ionisiertem Magnesium in biologischen Flüssigkeiten bleibt bei ausreichender pH-Korrektur über Tage konstant. J Miner Stoffwechs 1999; 3: 21–4.
7. Greenway DC, Hindmarsh JT, Wang J, Khodadeen JA, Hebert PC. Reference interval for whole blood ionized magnesium in a healthy population and the stability of ionized magnesium under varied laboratory conditions. Clin Biochem 1996; 29: 515–20.
8. Kulpmann WR, Gerlach M. Relationship between ionized and total magnesium in serum. Scand J Clin Lab Invest 1996; 224 (suppl): 251–8.
9. Dimai HP, Wirnsberger G, Lau KHW. Measurement of circulating ionized magnesium level: fresh whole blood samples versus serum samples. Clin Biochem 2000; 33: 329–32.
10. Sanders GT, Huijgen HJ, Sanders R. Magnesium in disease: a review with special emphasis on the serum ionized magnesium. Clin Chem Lab Med 1999; 37: 1011–33.
11. Haus E, Nicolau GY, Lakatua DJ, Sackett-Lundeen L, Swoyer J. Circadian rhythms in laboratory medicine. In: Fanfani M, Tarquini B (Hg). Reference values and chronobiology. Arand und Brent, Florenz, 1990; 21–33.
12. Touitou Y, Haus E (Hg). Biological rhythms in clinical and laboratory medicine. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1992.
13. Togni G, Volken C, Sabo G. Präanalytik. Schweiz Med Forum 2002; 6: 113–20.
14. Valero-Politi J, Ginard-Salva M, Gonzalez-Alba JM. Annual rhythmic and non-rhythmic biological variation of magnesium and ionized calcium concentrations. Clin Chem Lab Med 2001; 39: 45–9.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

☒ [Bilddatenbank](#)

☒ [Artikeldatenbank](#)

☒ [Fallberichte](#)

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

☒ [Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)