

# Magnesiumkonzentrationen in Vollblut, Serum und Erythrozyten bei trainierten Langläufern vor und nach 25-km-Lauf mit und ohne vierwöchiger oraler Elektrolyteinnahme

G. Hoffmann und D. Böhmer

## Zusammenfassung

Bei 40 trainierten Langläufern im Alter zwischen 19 und 71 Jahren (Median 45 Jahre) wurden zu vier Zeitpunkten u. a. die Magnesiumkonzentration im Vollblut und im Serum sowie der Hämatokrit gemessen und hieraus jeweils die Magnesiumkonzentration in den Erythrozyten errechnet. Die Blutentnahmen erfolgten jeweils vor und nach zwei 25-km-Läufen. Zwischen den beiden Läufen lagen vier Wochen Einnahme von Elektrolyt-dragees (K, Mg, Fe, Co, Mn, Zn, Cu) mit randomisierter Zuteilung von Verum und Placebo (Doppelblind-Studie). Während der Läufe zeigte sich jeweils ein Anstieg der Magnesiumkonzentration im Vollblut und ein deutlicherer Abfall im Serum sowie ein Anstieg der Magnesiumkonzentration in den Erythrozyten. Während der vier Wochen änderten sich die Magnesiumkonzentrationen in den Läufergruppen (Verum, Placebo) im allgemeinen weder bei Betrachtung der Zeitpunkte vor den Läufen noch bei Betrachtung der Zeitpunkte nach den Läufen in erkennbar systematischer Form.

## Summary

Within 40 trained long distance runners aged between 19 and 71 years (median 45 years) among others magnesium concentration in whole blood, magnesium concentration in serum and hematocrit were measured at four times and hence magnesium concentration in erythrocytes was calculated respectively. Blood sampling was performed before and after each of two races of 25 kilometres. Between the two races lay four weeks of electrolyte dragee intake (K, Mg, Fe, Co, Mn, Zn, Cu) with randomized allocation of verum and placebo (double-blind study). During

the races magnesium concentration increased in whole blood and — more distinctly — decreased in serum and increased in erythrocytes. During the four weeks the magnesium concentrations did not change in general detectably systematically within the groups of runners (verum, placebo) when looking at the moments before or after the races respectively.

## Résumé

Chez 40 coureurs de fond entraînés âgés entre 19 et 71 ans (médian 45 ans) on a mesuré entre autres à quatre temps la concentration de magnésium dans le sang entier, la concentration de magnésium dans le sérum ainsi que l'hématocrite et des trois valeurs on a calculé la concentration de magnésium dans les érythrocytes. Les prises de sang ont eu lieu chaque fois avant et après deux courses de 25 kilomètres. Entre les deux courses il y a eu une absorption d'électrolytes en forme de comprimés durant quatre semaines avec une attribution randomisée de verum et placebo (étude aveugle double). Pendant les courses la concentration de magnésium a augmenté dans le sang entier et, plus frappant, a baissé dans le sérum et a augmenté dans les érythrocytes. Pendant les quatre semaines les concentrations de magnésium dans les groupes de coureurs (verum, placebo) en général n'ont changé d'une façon systématique perceptible ni en regardant les temps avant les courses, ni en regardant les temps après les courses.

## 1. Zielsetzung und Aufbau der Untersuchung

Ausdauerbelastungen führen zu Konzentrationsänderungen der Blutbestandteile, auch der Elektrolyte. Dem Magnesium kommt dabei als intrazellulärem Elektro-

lyt und als wichtigem Element im Muskelstoffwechsel eine große Bedeutung zu. Die generelle Bedeutung des Magnesiums im menschlichen Körper spiegelt sich seit der ersten Beschäftigung mit der Rolle des Magnesiums [31, 30] in der steigenden Zahl an beobachteten Fakten und Zusammenhängen wider [1–29, 32–38].

Im Hinblick auf die weite Verbreitung von Ausdauersportarten in der Bevölkerung mit z. T. zeitlich ausgedehnten Belastungen ist es deshalb für die Sportmedizin von Interesse, die akuten Veränderungen im Magnesiumstoffwechsel unter Ausdauerbelastung zu kennen [2–7, 10, 12–14, 19, 20, 22, 26, 32]. Weiterhin interessieren aber auch die mittel- bis langfristigen Veränderungen unter Elektrolyteinnahme im Hinblick auf eine mögliche Beeinflussung der Leistungsfähigkeit und Befindlichkeit, um eine fundierte Grundlage zur Beurteilung der Zweckmäßigkeit von Elektrolytgaben zu erhalten.

Um sowohl die kurzfristigen Veränderungen während des Langlaufs als auch die längerfristigen Veränderungen während einer vierwöchigen Elektrolyteinnahme zu erfassen, wurden zwei Langläufe von je 25 km im Abstand von 4 Wochen mit Blutentnahmen und weiteren Untersuchungen jeweils vor und nach den beiden Läufen durchgeführt. Für die Studie wurde die in Ab-

Aus dem Sportmedizinischen Institut an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main (Ärztlicher Direktor: Professor Dr. med. Dieter Böhmer)

# Magnesiumkonzentrationen in Vollblut, Serum und Erythrozyten bei trainierten Langläufern

bildung 1 dargestellte Struktur gewählt.

Als wesentliche Größen wurden das Magnesium im Vollblut, das Magnesium im Serum, das Magnesium in den Erythrozyten sowie weitere Blutvariablen wie Hämoglobin, Hämatokrit und andere Elektrolyte sowie außerdem die Laufzeit und mehrere Befindlichkeitsvariablen zur Erfassung des Befindens der Sportler neben einer Anzahl weiterer Variablen ermittelt.

Die Studie wurde mit 40 Langläufern durchgeführt, die alle an beiden Läufen teilnahmen.

Alle Läufer ernährten sich nach eigenen Angaben nicht extrem, d. h., unter den betrachteten Läufern waren z. B. keine Laktovegetarier, und nahmen während der gesamten Dauer der Studie außer den von uns gegebenen Elektrolytpräparaten keine sonstigen Elektrolytzubereitungen ein.

Von den 40 Sportlern erhielten nach randomisierter Zuteilung 21 in den 4 Wochen zwischen den beiden Läufen ein echtes Elektrolytpräparat, also Verum, in Drageeform mit — aufgeteilt auf zwei Tagesdosen — täglich 920 mg Kaliumsalz der Asparaginsäure

920 mg Magnesiumsalz der Asparaginsäure  
120 mg Eisensalz der Asparaginsäure

20 mg Kobaltsalz der Asparaginsäure

20 mg Mangansalz der Asparaginsäure

20 mg Zinksalz der Asparaginsäure

20 mg Kupfersalz der Asparaginsäure

Die übrigen 19 Sportler erhielten ein äußerlich gleich gestaltetes Scheinpräparat, also Placebo, in gleicher Dosierung.

Die beteiligten Sportler hatten ein Alter zwischen 19 und 71 Jahren, der Median lag bei 45 Jahren.

Die vorausgegangene Langlauftrainingszeit lag zwischen 2 und 20 Jahren, der Median bei 6 Jah-

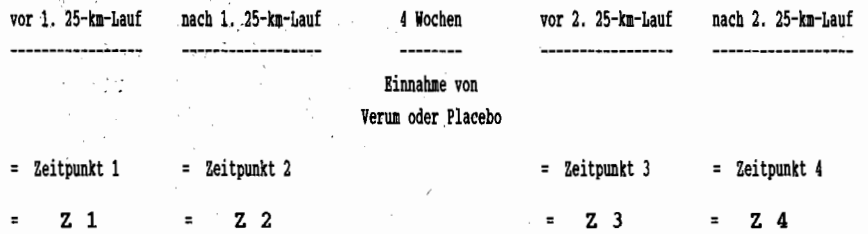


Abb. 1: Zeitliche Struktur der Studie

	Elektrolytpräparat		
	Verum	Placebo	
Ohne Abbruch	Vo n = 14	Po n = 14	.o n = 28
Mit Abbruch	Vm n = 7	Pm n = 5	.m n = 12
	V. n = 21	P. n = 19	.. n = 40

Abb. 2

ren.

Der Trainingsumfang pro Woche betrug zwischen 20 und 150 km, der Median 70 km.

Der 1. Lauf, der bei regnerisch-kühlem Wetter stattfand, wurde von 2 Langläufern abgebrochen, der 2. Lauf, bei dem trockenheiße Witterung herrschte, von 11 Läufern.

Von diesen 11 Läufern gehörten 6 zur Gruppe mit Verumpräparat und 5 zur Gruppe mit Placebopräparat.

Ein Läufer brach beide Läufe ab, somit absolvierten 28 Läufer beide Läufe vollständig, während 12 Läufer mindestens einen Lauf abbrachen.

Somit ergab sich unter Berücksichtigung der Laufabbrüche die in Abbildung 2 dargestellte Verteilung.

## 2. Ergebnisse der Vollblutuntersuchungen

Zeitlicher Verlauf der Magnesiumkonzentration im Vollblut:

Bei Betrachtung aller Läufer ist ein z. T. allerdings nur sehr geringer Anstieg der Magnesiumkonzentrationen im Vollblut jeweils während der Laufbelastung zu beobachten (Abb. 3 und 4): So stieg die Magnesiumkonzentration im Vollblut während des 1. Laufes bei 25 der 40 Läufer und beim 2. Lauf bei 31 der 40 Läufer an.

Dabei gab es beim 1. Lauf bei 6 Läufern Anstiege um mehr als 0,05 mmol/l und beim 2. Lauf bei 17 Läufern Anstiege um mehr als 0,05 mmol/l, während es bei keinem der beiden Läufe auch nur einen einzigen Abfall um 0,05 mmol/l gab. Während des 2. Laufs waren die Anstiege überwiegend größer als beim 1. Lauf.

Während der vier Wochen zwischen den beiden Läufen zeigten sich keine nennenswerten Veränderungen.

Der Vergleich Verum/Placebo bezüglich der Magnesiumkon-

zentration im Vollblut zeigt weder zu den einzelnen Zeitpunkten noch bei den zeitlichen Veränderungen nennenswerte Unterschiede zwischen Verum und Plazebo.

Auch der Vergleich ohne Abbruch/mit Abbruch zeigt weder zu den einzelnen Zeitpunkten noch bei den zeitlichen Veränderungen nennenswerte Unterschiede zwischen Verum und Plazebo.

Der abschließende Vergleich Verum/Plazebo nach Aufteilung in Läufer ohne Abbruch und Läufer mit Abbruch bringt keine Zusatzinformationen.

Die Veränderungen sind jeweils insgesamt kleiner als die relativen Anstiege des Hämoglobins oder des Hämatokrits.

Bemerkenswerter sind die Veränderungen der Magnesiumkonzentrationen im Serum und der Magnesiumkonzentrationen in den Erythrozyten.

### 3. Ergebnisse der Serumuntersuchungen

Bei Betrachtung aller Läufer ist beachtenswerterweise ein Abfall der Magnesiumkonzentration im Serum jeweils während der Laufbelastungen zu beobachten (Abb. 5, 6 und 7). Während des 1. Laufs sank die Magnesiumkonzentration im Serum bei 34 Läufern, während des 2. Laufs bei 35 von 40 Läufern. Dabei sank sie bei 21 bzw. 18 Läufern um mehr als 0,05 mmol/l, während sie bei keinem der Läufer während eines der beiden Läufe um mehr als 0,05 mmol/l anstieg.

Während der vier Wochen zwischen den beiden Läufen zeigte sich keine systematische Veränderung.

Beim Vergleich Verum/Plazebo zeigte sich zu den einzelnen Zeitpunkten kein nennenswerter Unterschied. Bei den zeitlichen Veränderungen deutet sich für die Veränderung während der 4 Wo-

chen bei Betrachtung der Zeitpunkte jeweils nach dem Lauf, also Z4-Z2, ein kleiner Unterschied zwischen Verum (kleiner Anstieg) und Plazebo (diskreter Abfall) an.

Der Vergleich von Läufern ohne Abbruch und Läufern mit Abbruch zeigt keine nennenswerten Unterschiede.

Damit hebt sich Magnesium in seinem Verhalten während der Laufbelastungen deutlich aus der Gruppe aller betrachteten Elektrolyte heraus:

Die Magnesiumkonzentrationen im Vollblut stiegen unter Laufbelastung vorwiegend etwas an, die Magnesiumkonzentrationen im Serum sanken jedoch ganz überwiegend und nennenswert.

Demgegenüber stiegen unter Laufbelastung die Konzentrationen von Kalium, Kalzium, Eisen und Kupfer sowohl im Vollblut wie auch im Serum überwiegend an. Mit leichten Einschränkungen gilt dies auch für Natrium und Zink.

Ein im Vollblut und im Serum „gegensinniges Verhalten zeigt also nur das Magnesium (Abb. 8, 9 und 10). Abbildung 8 zeigt einen Überblick über alle betrachteten Elektrolyte, in Abbildung 9 ist zum einen aus graphischen Gründen das Eisen weggelassen wegen der prozentual sehr hohen Anstiege im Serum und zum anderen Zink und Kupfer, da die Serumkonzentrationen so niedrig liegen, daß prozentuale Angaben mit einer relativ hohen Unsicherheit behaftet sind. Abbildung 10 zeigt die sinngemäß gleiche Situation eines gegensinnigen Magnesiumverhaltens“ während des zweiten Laufes. Zum Vergleich sind in den Abbildungen 11 und 12 das Hämoglobin und in den Abbildungen 13 und 14 der Hämatokrit aufgeführt, bei denen sich ebenfalls während der Laufbelastung jeweils Anstiege im Sinne einer Hämokonzentration zeigen.

### 4. Ermittlung intrazellulärer Konzentration

Es wurde versucht, aus der Magnesiumkonzentration im Vollblut, der Magnesiumkonzentration im Serum und dem Hämatokrit die intrazelluläre Magnesiumkonzentration der Blutzellen, also im wesentlichen der Erythrozyten, zu berechnen. Sie soll deshalb unter Vernachlässigung der Leukozyten und Thrombozyten im folgenden kurz als Magnesiumkonzentration in den Erythrozyten bezeichnet werden.

Außerdem wird auf die Differenzierung zwischen Serum und Plasma im folgenden verzichtet, also für die betreffenden Elektrolyte die Konzentrationen in Serum und Plasma gleichgesetzt.

Unsere Berechnungen beruhen auf folgenden Überlegungen:

Ein Vollblutvolumen kann unterteilt werden in ein Serumvolumen und ein Erythrozytenvolumen. Entsprechend gibt es eine Elektrolytkonzentration im Serum, eine Elektrolytkonzentration im Erythrozyten und eine Elektrolytkonzentration im Vollblut (Abb. 15). Wenn die Relation der Volumina von Erythrozytenraum zu Serumraum oder Erythrozytenraum zu Vollblutraum bekannt ist — und letztere Relation ist der Hämatokrit —, dann kann aus jeweils zwei Konzentrationen die dritte Konzentration errechnet werden. Es kann also aus der Elektrolytkonzentration im Serum (S) und der im Vollblut (V) die Elektrolytkonzentration im Erythrozyten (E) errechnet werden.

Bezogen auf das Magnesium lautet die Formel:

$$M_{GE} = \frac{M_{GV} - M_{GS}}{\text{Hämatokrit}} + M_{GS}$$

Berücksichtigt man schließlich noch einen Korrekturfaktor für bei der Zentrifugation zwischen den Erythrozyten verbliebenes Serum, so lautet die endgültige Formel:

$$M_{GE} = \frac{M_{GV} - M_{GS}}{\text{Hämatokrit} \cdot 0,97} + M_{GS}$$

# Magnesiumkonzentrationen in Vollblut, Serum und Erythrozyten bei trainierten Langläufern

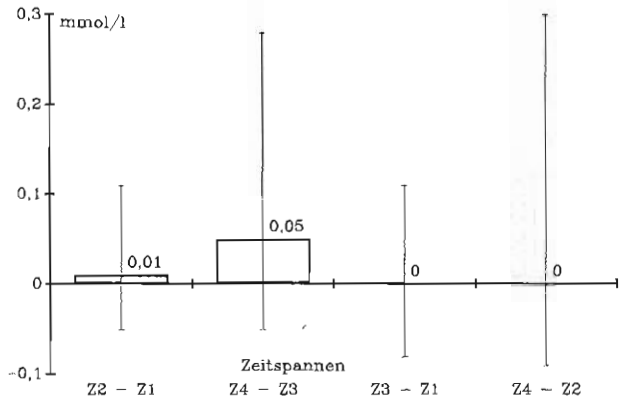
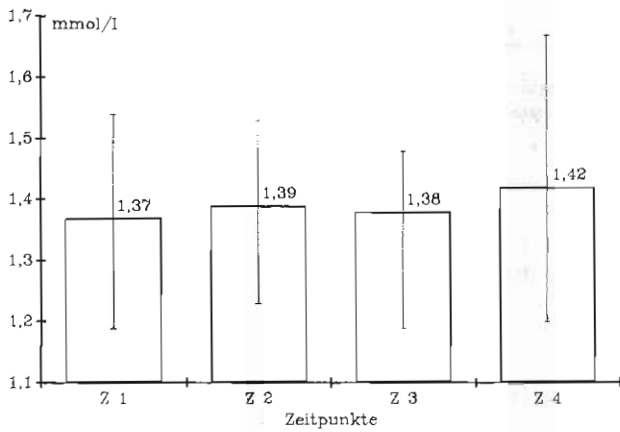


Abb. 4: Änderungen der Magnesium-Konzentrationen im Vollblut (jeweils Median und Spannweite; n = 40)

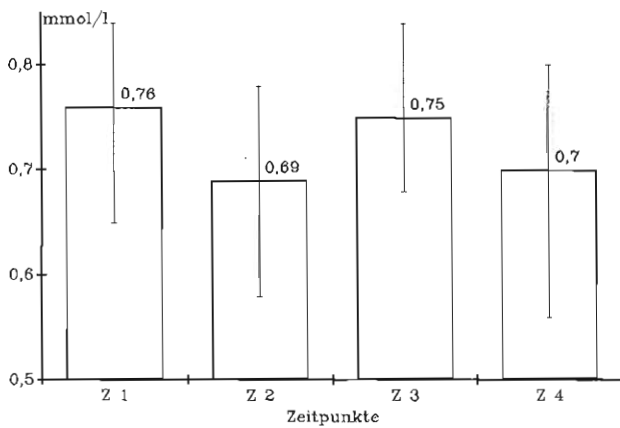


Abb. 5: Magnesium-Konzentrationen im Serum (jeweils Median und Spannweite; n = 40)

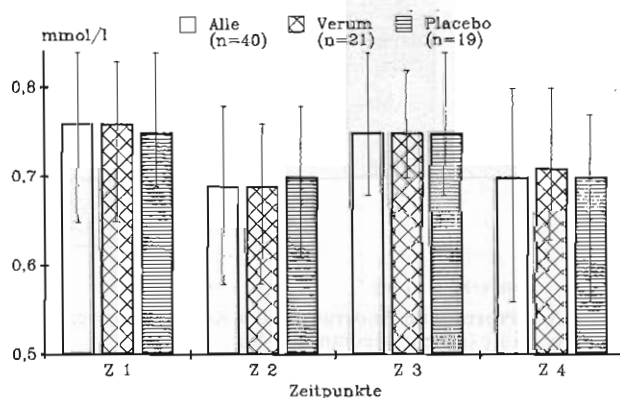


Abb. 3: Magnesium-Konzentrationen im Vollblut (jeweils Median und Spannweite; n = 40)

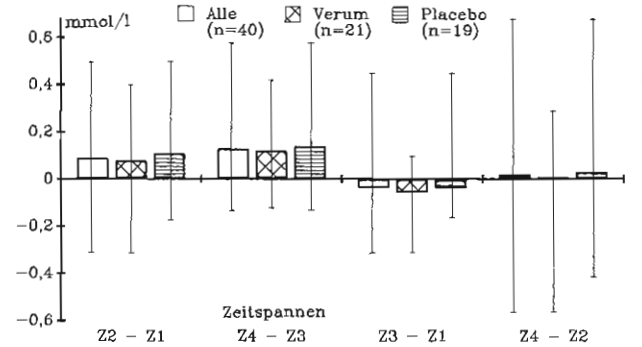


Abb. 7: Änderungen der Magnesium-Konzentrationen im Serum (jeweils Median und Spannweite)

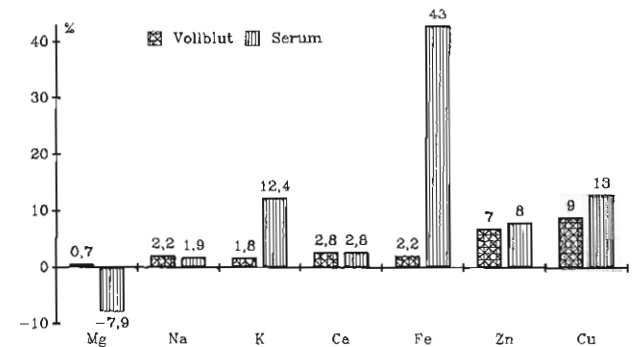


Abb. 8: Prozentuale Änderungen der Konzentrationen während des ersten Laufs (jeweils Median; n = 40)

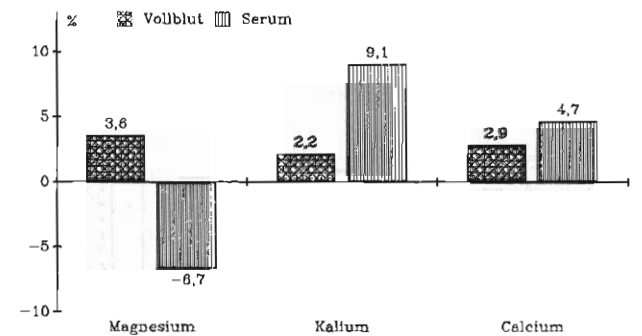


Abb. 9: Prozentuale Änderungen der Konzentrationen während des ersten Laufs (jeweils Median; n = 40)

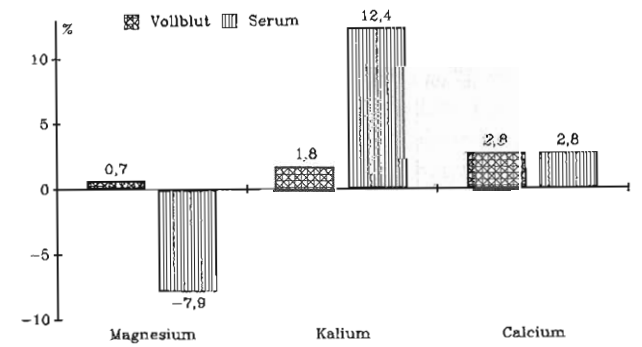


Abb. 10: Prozentuale Änderungen der Konzentrationen während des zweiten Laufs (jeweils Median; n = 40)

Abb. 6: Magnesium-Konzentrationen im Serum (jeweils Median und Spannweite)

# Magnesiumkonzentrationen in Vollblut, Serum und Erythrozyten bei trainierten Langläufern

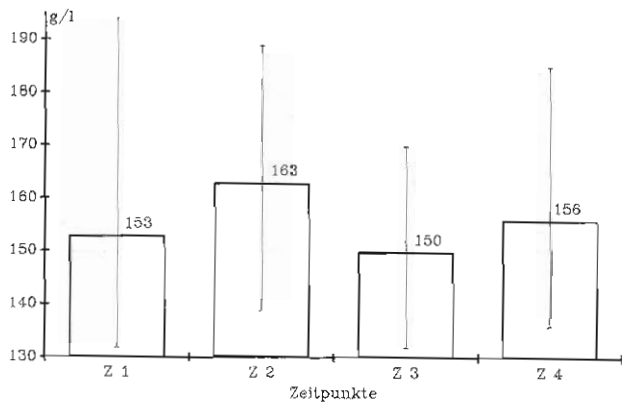


Abb. 11: Hämoglobin-Konzentrationen (jeweils Median und Spannweite; n = 40)

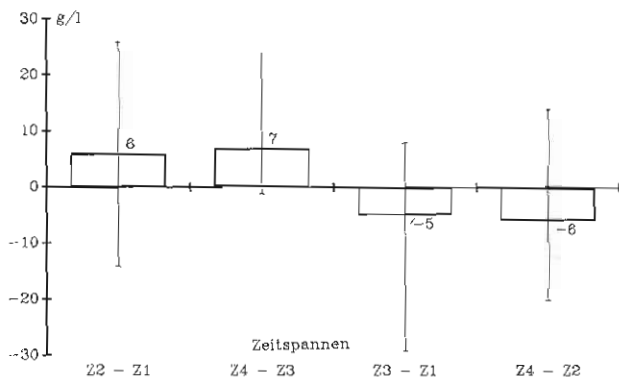


Abb. 12: Änderungen der Hämoglobin-Konzentrationen (jeweils Median und Spannweite; n = 40)

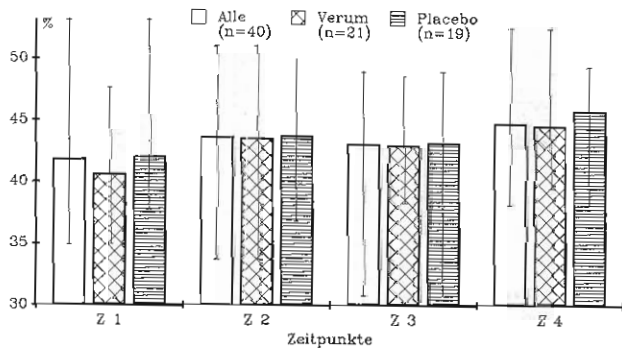


Abb. 13: Hämatokrit (jeweils Median und Spannweite)

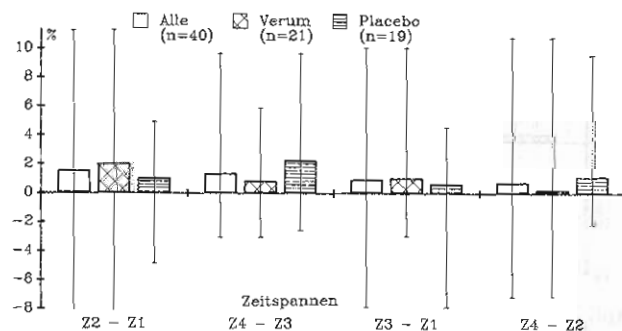


Abb. 14: Hämatokritänderungen (jeweils Median und Spannweite)

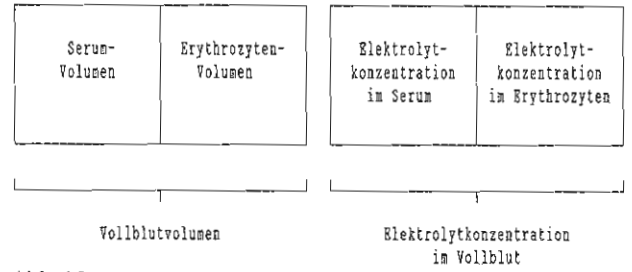


Abb. 15

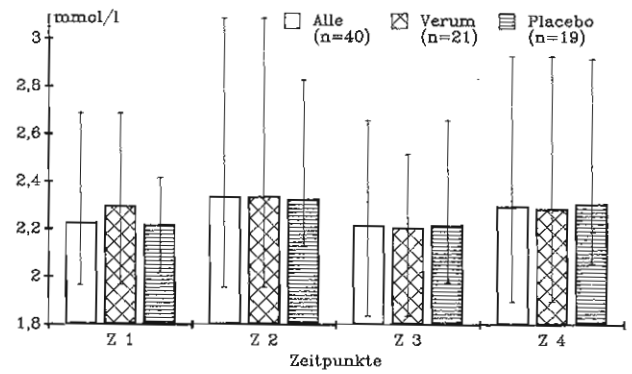


Abb. 16: Magnesium-Konzentrationen in den Erythrozyten (jeweils Median und Spannweite)

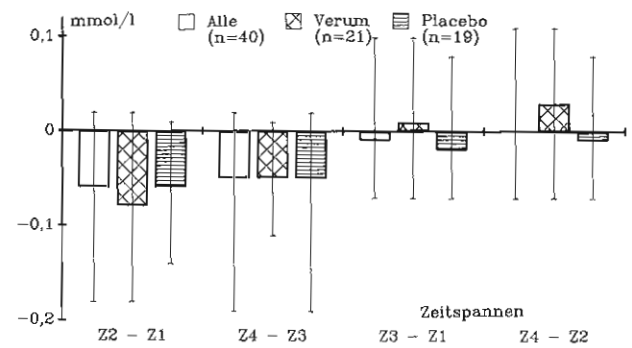


Abb. 17: Änderungen der Magnesium-Konzentrationen in den Erythrozyten (jeweils Median und Spannweite)

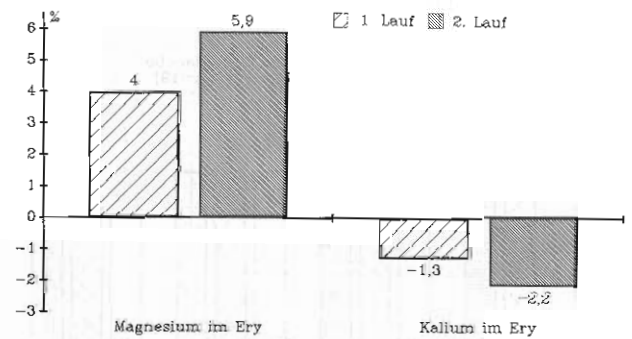


Abb. 18: Prozentuale Änderungen der Konzentrationen während der Läufe (jeweils Median; n = 40)

## 5. Ergebnisse der Ermittlung intrazellulärer Konzentrationen

Während der Laufbelastungen ist bei den auf diesem Wege errechneten Werten ein Anstieg der Magnesiumkonzentration im Erythrozyten zu beobachten (Abb. 16 und 17): Während des 1. Laufes stieg die Magnesiumkonzentration im Erythrozyten bei 30 Läufern, während des 2. Laufes bei 33 Läufern, dabei war der Anstieg bei 17 bzw. bei 26 Läufern mehr als 0,1 mmol/l, während nur bei 3 Läufern ein Abfall um mehr als 0,1 mmol/l beobachtet wurde. Während der vier Wochen zeigten sich keine relevanten systematischen Konzentrationsänderungen.

Beim Vergleich Verum/Plazebo zeigte sich zu den einzelnen Zeitpunkten und zu den zeitlichen Veränderungen kein nennenswerter Unterschied.

Dagegen deutete sich beim Vergleich der Läufer ohne Abbruch und der Läufer mit Abbruch für die Veränderung während der vier Wochen, also Z3-Z1 und Z4-Z2, ein etwas häufigeres Absinken der intrazellulären Magnesiumkonzentrationen bei den Läufern mit Abbruch gegenüber denen ohne Abbruch an.

Unter Laufbelastung stieg die Magnesiumkonzentration in den Erythrozyten an. Somit verhält sich Magnesium anders als z. B. Kalium, das unter Laufbelastung im Erythrozyten abfällt (Abb. 18).

Methodenkritisch ist hier jedoch anzumerken, daß sich diese Aussage ausdrücklich auf errechnete intrazelluläre Konzentrationen bezieht und daß *Ising* et al. bei Verwendung einer anderen Methode [2, 3, 25, 26] Abnahmen der Magnesiumkonzentration der Erythrozyten unter Belastung fanden. Die von *Ising* et al. benutzte Methode der Messung der Elektrolytkonzentrationen der Erythrozyten erfaßt die Summe

aus Intrazellularraum, Erythrozytenmembran und eventuell außen an der Erythrozytenmembran haftenden Elektrolyten [25] und bezieht (d. h. normiert) die Meßwerte auf Erythrozytrockengewicht: Damit liegt bei dieser Methode zumindest ein anderes Bezugssystem (Masse pro Masse) als bei unserer Methode (Stoffmenge pro Volumen) vor, so daß auch dies Ursache unterschiedlicher Ergebnisse sein kann.

## 6. Weitere Ergebnisse und Diskussion

Bei gemeinsamer Betrachtung der drei Kompartimente ergibt sich für Magnesium folgendes Bild während Langlaufbelastung:

- geringer Anstieg der Magnesiumkonzentration im Vollblut,
- deutliches Absinken der Magnesiumkonzentration im Serum,
- deutlicher Anstieg der errechneten Magnesiumkonzentration in den Erythrozyten.

Betrachtet man den Intravasalarraum (= „Vollblutraum“ = Summe aus „Erythrozytenraum“ und „Serumraum“ der obigen Terminologie) isoliert, so könnte dies als eine Verschiebung des Magnesiums während der Langlaufbelastung vom Extrazellularraum in den Intrazellularraum gewertet werden, und damit verhielte sich das Magnesium anders als z. B. das Kalium, bei dem eher eine geringe umgekehrte Verschiebung anzunehmen ist. Tatsächlich sind die Verhältnisse jedoch komplizierter, da zum einen ein Austausch mit dem Interzellularraum und dem Intrazellularraum anderer Gewebe, z. B. Muskulatur, stattfindet — wobei der Intrazellularraum der Muskulatur und der Intrazellularraum der Erythrozyten sich keineswegs gleich verhalten müssen — und in der zeitlichen Dy-

namik mehrere „Elektrolytverschiebemechanismen“ ablaufen können:

So geht eine Modellvorstellung [26] über Magnesium als „Anti-Streß-Elektrolyt“ davon aus, daß im Streß — auch körperlichem Streß wie bei sportlicher Belastung — Magnesium aus den Zellen „ausgeschüttet“ wird, um die Konzentration im Serum möglichst hoch zu halten. In Übereinstimmung hierzu konnten wir bei kurzen Belastungen von ca. 20 Minuten Dauer deutliche Anstiege der Magnesiumkonzentration im Serum beobachten. Sind die intrazellulären Magnesiumreserven jedoch relativ niedrig oder dauert die Belastung längere Zeit an, so scheint der genannte Mechanismus erschöpfbar zu sein und es kommt zu einer Erniedrigung der Magnesiumkonzentration im Serum [26], wie sie auch am Ende der 25-km-Läufe beobachtet wurde. Nennenswerte Unterschiede zwischen Läufern mit Verum und Läufern mit Plazebo wurden bezüglich des Magnesiums bei unseren Untersuchungen nicht beobachtet.

Dagegen zeigte sich bei den Läufern mit mindestens einem Laufabbruch im Gegensatz zu den Läufern ohne Laufabbruch ein etwas häufigeres Absinken des Magnesiums im Erythrozyten während der vier Wochen, wie auch ein häufigeres Absinken des Eisens im Erythrozyten sowie ein ausnahmsloses Absinken des Kaliums im Erythrozyten: somit sind bei den Läufern mit Abbruch mehr absinkende Tendenzen bei den betrachteten vorwiegend intrazellulär vorkommenden Elektrolyten Kalium, Magnesium, Eisen und Zink bezüglich ihrer intrazellulären Konzentrationen zu beobachten sowie geringfügig höhere intrazelluläre Konzentrationen des vorwiegend extrazellulären Kupfers.



Dies kann als diskreter Hinweis auf einen möglichen Zusammenhang zwischen einer Elektrolyt-imbalance und dem Laufabbruch gesehen werden.

Werden schließlich die Magnesiumkonzentrationen in Abhängigkeit von weiteren Variablen gesehen, so ergeben sich insbesondere folgende Zusammenhänge: Die Magnesiumkonzentration im Serum (betrachtet wurde der Zeitpunkt vor dem 2. Lauf) zeigt bei den jüngeren Läufern eine kleinere Spannweite (0,69–0,77 mmol/l bei Läufern bis 40 Jahren) als bei den älteren Läufern über 40 Jahren, bei denen sich die Spannweite hin zu höheren Magnesiumspiegeln ausweitete (0,68–0,82 mmol/l): Erniedrigte oder grenzwertig niedrige Magnesiumkonzentrationen im Serum treten gehäuft bei jüngeren Läufern auf.

Die Änderung der Magnesiumkonzentration im Serum während des 2. Laufes lag in der mittleren Altersgruppe zwischen 39 und 48 Jahren in der engen Spanne zwischen –0,07 und –0,02 mmol/l; sowohl jüngere als auch ältere Läufer zeigten eine größere Spanne an Änderungen.

Bei Betrachtung des Zeitpunktes vor dem 2. Lauf ist erkennbar, daß relativ hohe Magnesiumspiegel (über 0,77 mmol/l) und hohe Kaliumspiegel (über 4,24 mmol/l) im Serum nicht gleichzeitig auftraten.

Die Änderung der Magnesiumkonzentration im Serum und die des Kaliums im Serum jeweils während des 2. Laufes wiesen keine erkennbare Korrelation auf.

Die Magnesiumkonzentration im Erythrozyten zeigte keine nennenswerte Korrelation zur Kaliumkonzentration im Erythrozyten zum Zeitpunkt vor dem 2. Lauf.

Bei den genannten Gegenüberstellungen ergaben sich auch keine Abhängigkeiten von der

Verum- oder Placebogabe.

Bei der Betrachtung der Änderung der Magnesiumkonzentration im Erythrozyten in Abhängigkeit von der Änderung der Kaliumkonzentration im Erythrozyten zeigten sich für die Gesamtzahl der Läufer keine beschreibenswerten Beziehungen. Allenfalls für die kleineren Untergruppen wie Läufer mit Placebo mit Abbruch deutete sich ein unterschiedliches Verhalten zwischen Untergruppen an.

Eindeutige Effekte der vierwöchigen Elektrolytgabe auf die Magnesiumkonzentrationen

oder die Befindlichkeit oder die erzielten Laufzeiten ließen sich im Vergleich Verum/Placebo

bei der durchgeführten Dosierung nicht finden.

Bemerkenswert bleibt jedoch die Sonderstellung des Magnesiums bezüglich des gegensinnigen Verhaltens

in Vollblut und Serum

bzw. in den Erythrozyten und im Serum

im Gegensatz zu mehreren anderen wichtigen Elektrolyten.

Die Ergebnisse der Studie sind mit der sportmedizinischen Auffassung vereinbar, daß bei trainierten Ausdauersportlern mit einer ausgewogenen Ernährung bei gewohnten Belastungen zusätzliche Elektrolytgaben nicht erforderlich sind. Es ist jedoch denkbar, daß sich z. B. bei einer anderen Form der Ausdauerbelastung oder mit anderen zu betrachtenden Zielvariablen oder mit einer höheren Dosierung der Elektrolyte Unterschiede zwischen Sportlern mit Verumpräparat und Sportlern mit Placebopräparat finden lassen, die dann unter Umständen für einen förderlichen Einfluß von Elektrolytpräparaten sprechen könnten.

## Literatur

- [1] Agus, Z. S., A. Wasserstein, S. Goldfarb: Disorders of calcium and magnesium homeostasis. *Am. J. Med.* 71 (1982) 473–488.
- [2] Bertschat, F., S. W. Golf, H. Riediger, V. Graef, H. Ising: Protective effects of magnesium on release of proteins from muscle cells during a marathon run. *Mag. Bull.* 8 (1986) 310–313.
- [3] Bertschat, F., H. Ising: Electrolyte and biochemical alterations in marathon runners. Vortrag auf dem Internationalen Magnesium-Symposium 1985 in Blackbird, Virginia, USA. Als Kurzfassung veröffentlicht: *J. Am. College Nutr.* 4 (1985) 393.
- [4] Böhmer, D.: Der Einfluß des Hochleistungssports auf den Wasser-Salz-Haushalt. In: Rieckert, H. (Ed.): *Sport an der Grenze menschlicher Leistungsfähigkeit*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1981, S. 188–192.
- [5] Böhmer, D.: Elektrolytverlust und Elektrolytbedarf. Vortrag auf dem Kongreß „Arzt und Athlet“ in Wiesbaden 1985.
- [6] Böhmer, D.: Loss of electrolytes by sweat in sports. In: Katch, F. J. (Ed.): *Sport, health, and nutrition. Human Kinetics Publishers, Champaign (Illinois) 1986*, pp. 67–74. (= The 1984 Olympic Scientific Congress Proceedings, Vol. 2.)
- [7] Böhmer, D.: Loss of electrolytes by sweat in athletes. Vortrag auf dem Weltspartärztekongreß 1986 in Brisbane.
- [8] Böhmer, D.: Der Magnesium-Bedarf ist oft erhöht. *Ärztl. Prax.* 38 (1986) 794–795.
- [9] Böhmer, D.: Der Wasser-Salzhaushalt des Sportlers. *Mat. Med. Nordm.* 38 (1986) 53–67.
- [10] Böhmer, D.: Elektrolytverluste durch Schweiß. In: Rieckert, H. (Hrsg.): *Sportmedizin — Kursbestimmung*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo 1987, S. 508–512.
- [11] Böhmer, D., P. Ambrus: Magnesiumzufuhr durch Heilwässer beim Sportler. *Biol. Med.* 14 (1985) 572–581.
- [12] Böhmer, D., P. Ambrus, A. Szögy: Einflußgrößen des Sports auf die Elektrolytkonzentrationen im Schweiß. In: Franz, I. W., H. Mellerowicz, W. Noack: (Hrsg.): *Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1985, S. 298–302.
- [13] Böhmer, D., R. Böhlau: Loss of potassium and sodium by athletes after long performance and the experi-

# Magnesiumkonzentrationen in Vollblut, Serum und Erythrozyten bei trainierten Langläufern

- ment of substituting it. 3rd. Int. Symposium on Biochemistry of Exercise, Quebec 1976. University Press, Baltimore, 1979.
- [14] *Böhmer, D., G. Hoffmann*: Elektrolytgaben bei ausdauertrainierten älteren Sportlern. In: *Hecker, G., W. Baumann, M. Grosser, W. Hollmann, E. Meinberg* (Hrsg.): *Schulsport — Leistungssport — Breitensport*. Wissenschaftliches Symposium 10. bis 12. Juni 1981. Richarz, Sankt Augustin, 1983, S. 78–82. (= Schriften der Deutschen Sporthochschule Köln, Bd. 10.)
- [15] *Classen, H. G., G. Fischer, J. Marx, H. Schimatschek, C. Schmidt, C. Stein*: Prevention of stress-induced damage in experimental animals and livestock by monomagnesium-L-aspartate hydrochloride. *Magnesium* 6 (1987) 34–39.
- [16] *Dam, B., G. Haralambie*: Die Änderungen einiger biochemischer Parameter durch sportartspezifische Belastungen im Fechtsport. *Leistungssport* 4 (1977) 285–292.
- [17] *Günther, T.*: Biochemie und Pathobiochemie des Magnesiums. In: *Weidinger, H.* (Hrsg.): *Magnesium und Tokolyse*. Schwappach, Gauting 1982, S. 11.
- [18] *Hänze, S.*: Physiologie und Regulation des Magnesiumhaushaltes. In: *Zumkley, H.*: *Klinik des Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basenhaushaltes*. Thieme, Stuttgart 1977.
- [19] *Haralambie, G.*: Changes in electrolytes and trace elements during long-lasting exercise. In: *Howald, H., J. R. Poortmans*: *Metabolic adaption to prolonged physical exercise*. Birkhäuser, Basel 1975.
- [20] *Haralambie, G.*: Electrolytes, trace elements and vitamins in exercise. *Medicine Sport* 13 (1981) 134–152.
- [21] *Haralambie, G.*: Einführung in die Sportbiochemie. Bartels und Wernitz, Freiburg 1982.
- [22] *Haralambie, G., O. Huber*: Magnesiumkonzentration im Schweiß nach körperlicher Belastung. *Dtsch. Z. Sportmed.* 27 (1976) 229–232.
- [23] *Haralambie, G., J. Keul*: Normwerte des Magnesiumspiegels im menschlichen Serum. *Med. Klin.* 32 (1969) 1432–1436.
- [24] *Holtmeier, H. J.*: Das primäre und sekundäre Magnesiummangelsyndrom. In: *Heilmeyer, L., H. J. Holtmeier*: *Ernährungswissenschaften*. Thieme, Stuttgart 1968.
- [25] *Ising, H.*: Persönliche Mitteilung.
- [26] *Ising, H., F. Bertschat, K. Ibe, V. Stoboy*: Electrolytveränderungen bei Streß. Vortrag im Rahmen des Vortragstages „Magnesium: nutritive, metabolische und therapeutische Bedeutung“ auf der „Medizinischen Woche Baden-Baden“, Oktober 1985.
- [27] *Keul, J., A. Berg*: Energiestoffwechsel und körperliche Leistung. In: *Hollmann, W.* (Hrsg.): *Zentrale Themen der Sportmedizin*. 3. Aufl. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1986, S. 196–244.
- [28] *Lang, F., P. Deetjen, H. Reissigl*: Wasser- und Elektrolythaushalt — Physiologie und Pathophysiologie. In: *Reissigl, H.*: *Handbuch der Infusionstherapie und klinischen Ernährung*. Karger, Basel 1984.
- [29] *Lang, K.*: *Biochemie der Ernährung*. Steinkopff, Darmstadt 1974.
- [30] *Meltzer, S. J.*: Magnesium. *Berl. klin. Wochenschr.* (1915) 261.
- [31] *Meltzer, S. J., J. Auer*: Magnesium. *Am. J. Physiol.* 14 (1905) 366.
- [32] *Refsum, H. E., H. D. Meen, S. B. Stromme*: Whole blood, serum and electrolyte magnesium concentration after repeated heavy exercise of long duration. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 32 (1973) 125–127.
- [33] *Ruoff, H. J., T. H. Lippert*: Pharmakologie von Magnesium. In: *Weidinger, H.* (Hrsg.): *Magnesium und Schwangerschaft*. Beltz, Weinheim, Basel 1983, S. 21–34.
- [34] *Schroll, A.*: Die Bedeutung von Magnesium für Herz und Kreislauf — Beiträge zur Therapie. *Vita. Min. Spur.* 2 (1987) 54–62.
- [35] *Schroll, A.*: Herzrhythmusstörungen und Electrolyte — Pathophysiologie und Therapie. In: *Zumkley, H.* (Hrsg.): *Stellenwert der Elektrolyttherapie bei kardiovaskulären Erkrankungen unter besonderer Berücksichtigung der Interaktionen von  $K^+$  –  $Mg^{++}$  –  $Ca^{N+}$* , 17. bis 19. Oktober 1986, Salzburg. *Dustri Dr. Karl Feistle, München-Deisenhofen* 1987, S. 51–65.
- [36] *Schroll, A.*: Magnesium. *Ärztl. Prax.* 39 (1987) 1576–1577, 1641–1643.
- [37] *Seelig, M. S.*: Magnesium deficiency in the pathogenesis of disease. *Plenum Medical Book Company, London* 1980.
- [38] *Wolf, S. et al.*: Veränderungen der Serum-CK- und Serum-CK-MB-Aktivitäten in Abhängigkeit von einer Magnesiumsubstitution bei Leistungssportlerinnen. *Magn. Bull.* 5 (1983) 43–46.

Anschrift der Verfasser: Dr. med. Gerd Hoffmann, Prof. Dr. med. Dieter Böhmer, Sportmedizinisches Institut Frankfurt am Main an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, Otto-Fleck-Schneise 10, D-6000 Frankfurt am Main 71 (Niederrad), FRG