
FACHINFORMATION

KALIUMCITRAT

1. EINLEITUNG

Kalium ist das am häufigsten vorkommendes Kation in der intrazellulären Flüssigkeit und gehört zu den lebenswichtigen Elektrolyten, neben Natrium und Chlorid ist es entscheidend für den Wasserhaushalt unseres Organismus.

Kalium ist hauptsächlich am Membranpotential und der elektrischen Erregung von Nerven- und Muskelzellen sowie an der Regulierung des Säure-Basen-Haushalts beteiligt. Nur wenige Mineralien sind in großen Mengen in unserem Körper vorhanden und Kalium ist eines dieser Mineralien. Der Körper enthält ungefähr 165 g Kalium. Nicht weniger als 98 % befinden sich in unseren Körperzellen, davon 80 % in den Muskelzellen. Die anderen 2 % finden sich im Blut. Mineralien müssen vollständig über die Ernährung und Flüssigkeitszufuhr von außen zugeführt werden.

2. BEDARF

Für die Aufrechterhaltung normaler Kaliumwerte im Serum von 3,6 bis 5,5 mmol/l empfiehlt die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) Erwachsenen und Schwangeren, über die Ernährung täglich 4 g Kalium aufzunehmen. Kalium ist in vielen Lebensmitteln enthalten, dabei sind die Konzentrationen in Obst und Gemüse höher als in Getreide und Fleisch.

Versorgungslage in Deutschland

Bereits im Jahr 2017 hat die DGE die empfohlene tägliche Aufnahme von Kalium um 100 % erhöht, von 2 g auf 4 g Kalium täglich. Sie folgte damit den neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen, dass eine höhere Kaliumzufuhr Vorteile für die Gesundheit bietet. Die Erhöhung der Empfehlung sollte sicherstellen, dass die Bevölkerung ausreichend Kalium aufnimmt, um die gesundheitlichen Vorteile zu nutzen. Jedoch erreichen 80 % der Deutschen nicht die empfohlene tägliche Kaliummenge. In den USA wird eine tägliche Zufuhr von 4,7 g Kalium empfohlen – ein Wert, der von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) bereits 2016 zur Vorbeugung von Bluthochdruck und Schlaganfällen in Erwägung gezogen, aber nicht offiziell übernommen wurde.

Erhöhter Bedarf

Ein erhöhter Bedarf an Kalium tritt nicht nur bei Sportlern auf, sondern auch bei bestimmten klinischen Zuständen wie Nierenerkrankungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, gastrointestinalen Erkrankungen, Diabetes mellitus sowie bei chronischem Durchfall. Diese Zustände können die Kaliumhomöostase beeinträchtigen und eine erhöhte Kaliumzufuhr erforderlich machen, um den gestiegenen Bedarf zu decken und elektrolytische Ungleichgewichte zu vermeiden. Die Ursachen, die zu einer verminderten Mineralstoffzufuhr, einem vermehrten Bedarf oder einer erhöhten Ausscheidung führen, sind vielfältig.

Verminderte Zufuhr durch:

- Falsche Ernährung
- Diät
- Alkohol
- Erbrechen
- Durchfall
- Laxanzien
- Malabsorption

Vermehrter Bedarf bei:

- Schwangerschaft
- Erhöhte Ausscheidung durch Schleifen- und Thiazid diuretika
- Hyperaldosteronismus
- Cortisonderivate
- Alkalose
- Digitalis
- Nierenerkrankungen
- Schädigung der Nieren durch Gentamicin, Cisplatin, Ciclosporin
- Diabetes Mellitus
- Alkoholismus
- Sport

3. PHARMAKOKINETIK

Der Weg in die Zelle

Das täglich mit der Nahrung aufgenommene Kalium wird nahezu vollständig, vorwiegend im Jejunum, resorbiert. Nach der Diffusion durch die Darmwand wird ein großer Anteil wieder in den Magen-Darm-Trakt sezerniert. Im Verlauf der weiteren Magen-Darm-Passage wird Kalium dann größtenteils erneut resorbiert. Wenn sich die Konzentration der Kaliumionen im Plasma erhöht, werden diese durch hormonelle Regulation entweder in die Zellen eingeschleust oder über die Nieren ausgeschieden, um eine Hyperkaliämie zu vermeiden. Insulin und Katecholamine fördern die Kaliumaufnahme in die Zellen, während Aldosteron die renale Ausscheidung von Kalium steigert.

Das meiste Kalium, das durch die Glomeruli der Niere gefiltert wird, wird anschließend über die Nierentubuli rückresorbiert. Hohe extrazelluläre Kaliumkonzentrationen stimulieren die Freisetzung von Aldosteron, das dann eine erhöhte distale tubuläre Sekretion von Kalium in den Urin fördert. Pro Tag werden zwischen 30 und 100 mmol/l Kalium über die Nieren ausgeschieden, das sind ca. 80 % bis 90 %, die über den Urin ausgeschieden werden. Die verbleibenden 10 % bis 20 % werden über Stuhl und Schweiß aus dem Körper entfernt. Ein Teil des aufgenommenen Kaliums verbleibt im Körper und wird hauptsächlich in den Zellen gespeichert.

Der durchschnittliche Kaliumgehalt eines erwachsenen Menschen wird auf ca. 40 bis 50 mmol (1,6-2,0 g)/kg Körpergewicht geschätzt, so dass ein 70 kg schwerer Erwachsener über ca. 2800 bis 3500 mmol Kalium (110-137 g) verfügen würde. Die intrazelluläre Kaliumkonzentration beträgt 150 mmol/l (5,9 g/l), der Rest befindet sich in der extrazellulären Flüssigkeit. Die Kaliumkonzentration in der extrazellulären Flüssigkeit wird streng auf einer Konzentration von 3,5-5,5 mmol/l (137-215 mg/L) gehalten, da der Organismus bestrebt ist, den Kaliumspiegel im Serum konstant zu halten. 90 % bis 98 % des Kaliums befindet sich intrazellulär in den Muskeln und Knochen; daher gibt es Schwankungen je nach Grad der Muskulatur des Körpers. Nur etwa 2 % befinden sich im extrazellulären Raum, einschließlich des Blutes. Diese Verteilung ist entscheidend für die Aufrechterhaltung des Ruhepotenzials der Zellmembranen.

4. ZELLULÄRE KOMPARTIMENTIERUNG VON KALIUM

Die Kompartimentierung von Kalium wird primär durch die energieabhängige Aufnahme von Kalium in die Zellen und die gleichzeitige Ausscheidung von Natrium aufrechterhalten. Dieser Prozess wird durch das spezifische, an die Zellmembran gebundene Enzym Natrium-Kalium-Adenosin-Triphosphatase gesteuert. Dieses Enzym nutzt die Energie aus der Hydrolyse von Adenosin-triphosphat (ATP), um Natrium-Ionen aus der Zelle zu transportieren und Kalium-Ionen in die Zelle aufzunehmen. Dadurch wird das intrazelluläre Kaliumkonzentrationsgefälle aufrechterhalten, was für zahlreiche zelluläre Funktionen essenziell ist (Abb.1).

Die Natrium-Kalium-Pumpe erzeugt diese elektrische Spannung zur Aufrechterhaltung des Membranpotentials der Zelle, indem sie entgegen ihrem Konzentrationsgefälle drei Natrium-Ionen aus der Zelle und zwei Kalium-Ionen in die Zelle pumpt. Kalium ist an der Übertragung von Nervenimpulsen beteiligt und daher essenziell für die Funktionstüchtigkeit unserer Muskeln.

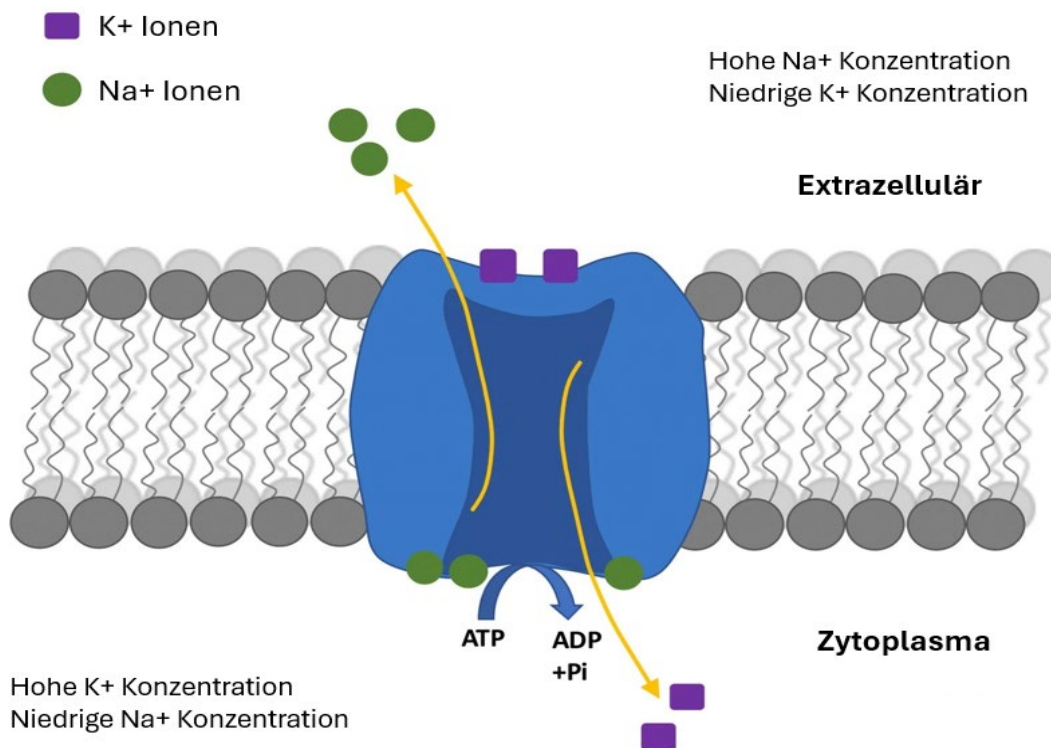


Abbildung 1: Na⁺/K⁺- Pumpe und Neurotransmitter-Membranrezeptoren adaptiert aus Pivovarov et al. 2018 (1)

5. FUNKTIONEN

Elektrolyte sind entscheidend für die Muskelfunktion, sowohl für die Skelettmuskulatur als auch für den Herzmuskel. Ohne Elektrolyte wäre ein Muskel nicht in der Lage zu kontrahieren, Nervenimpulse könnten nicht weitergeleitet werden und das Herz könnte nicht regelmäßig schlagen.

Kalium und das Herz

In einer Multicenterstudie wurde untersucht, wie eine Substitutionstherapie mit 469,2 mg Kalium und 145,8 mg Magnesium pro Tag bei Patienten mit funktionellen oder strukturellen Herzrhythmusstörungen wirkt. Die Studie schloss 307 Patienten ein, die mehr als 720 ventrikuläre Extrasystolen innerhalb von 24 Stunden aufwiesen. Nach drei Wochen zeigte sich

eine signifikante Reduktion der ventrikulären Extrasystolen sowie eine deutliche Verbesserung des subjektiven Wohlbefindens der Studienteilnehmer. Diese Ergebnisse belegen, dass nicht nur funktionelle Herzrhythmusstörungen, sondern auch gefährlichere, strukturelle Störungen bei koronarer Herzerkrankung positiv beeinflusst werden konnten (2).

Kalium und Blutdruck

Viele Studien haben den regulativen Einfluss von Kalium auf den Blutdruck gezeigt. Schon in einer Untersuchung im Jahr 2013, führte eine kaliumarme Ernährung innerhalb weniger Wochen zu einer signifikanten Erhöhung des Blutdrucks. Im Gegensatz dazu kann eine kaliumreiche Ernährung eine blutdrucksenkende Wirkung unterstützen, wie sie auch in einigen Studien beobachtet wurde (3, 4).

In einer weiteren Studie erhielten 101 Patienten mit leichtgradiger arterieller Hypertonie, die primär keinen Kaliummangel hatten, entweder eine Substitution von 4,7 g Kalium oder Placebo. Nach acht Wochen sank der durchschnittliche systolische Blutdruck um 6,4 mmHg und der diastolische um 4,1 mmHg. Dieser Effekt wurde auch in einer umfangreichen US-amerikanischen Studie zur Ernährung und ihrem Einfluss auf Bluthochdruck bestätigt. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass eine pflanzenbetonte Ernährung, die reich an Kalium und Magnesium ist, zu einer bedeutenden Senkung des Blutdrucks führen kann. Diese Effekte konnten durch zusätzliche Elektrolyt-Supplementierung weiter gesteigert werden (5, 6).

Eine weitere, aktuelle Studie über fast fünf Jahre untersuchte, wie sich eine mediterrane Ernährung insgesamt auf das kardiovaskuläre Risiko sowie spezifische Parameter wie Blutdruck und Lipidprofil auswirkt. Diese Art der Ernährung, reich an Obst, Gemüse, Nüssen, aber wenig rotem Fleisch und Olivenöl, gewährleistet eine gute Zufuhr von Magnesium und Kalium. Die Ergebnisse zeigten, dass unter einer mediterranen Ernährung etwa ein Drittel weniger kardiovaskuläre Ereignisse wie Herzinfarkte und Schlaganfälle auftraten. Diese Studien verdeutlichen, dass eine Ernährung, die reich an Kalium und Magnesium ist, langfristig positive Auswirkungen auf klinische Ereignisse haben kann und diese Effekte über mehrere Jahre erhalten bleiben können (7).

Mehrere Studien und Meta-Analysen haben gezeigt, dass Kaliumpräparate den Blutdruck und auch das Risiko für Bluthochdruck senken. Zu den hypothetischen Mechanismen der blutdrucksenkenden Wirkung von Kalium gehören:

- Verbesserung der Endothelfunktion und der NO-Freisetzung,
- Gefäßerweiterung durch Senkung des zytosolischen Kalziums der glatten Muskelzellen, Erhöhung der Natriurese,
- Verringerung der Aktivität des sympathischen Nervensystems.

Darüber hinaus ist die unterstützende blutdrucksenkende Wirkung einer Natriummodifikation in Kombination mit Kalium gut dokumentiert (8).

Für die Primärprävention von Bluthochdruck wird eine Aufnahme von >3,5 g Kalium am Tag empfohlen (Abb.2).

Tabelle 2. Wirkung einer Kaliumsupplementierung auf den Blutdruck: Eine Zusammenfassung der Metaanalysen randomisierter kontrollierter Studien.

Autor/Jahr	Nein. von Studien	Merkmal der Studie	Nein. Anzahl der Teilnehmer	Eigenschaften des Patienten	Dauer der Studien	Kalium Dosierung (Ergänzungen)	Blutdrucksenkung in mmHg (95%CI)	Weitere Bemerkungen/Zusammenfassung
Aburto et al., 2013b [38]	21	Randomisierte kontrollierte Studien	1892/1857	Hypertensiv 818(SBP)/828(DBP)	<2 bis >4 Monate	3,6 – 6,2 g/d <90 mmol/Tag bis >155 mmol/Tag in der Interventionsgruppe	SBP: -3,5 (-5,2 bis -1,8) DBP: -2,0 (-3,1 bis -0,9)	Wirkung bei Menschen mit Bluthochdruck, aber nicht bei Menschen ohne Bluthochdruck. Eine Aufnahme über 120 mmol/Tag schien keinen zusätzlichen Nutzen zu haben. Kalium kann bei einem höheren Natriumverbrauch wirksamer sein, um den Blutdruck zu senken.
Binla et al., 2015 [39]	15	Randomisierte kontrollierte Studien	917	400 Hypertensiven 329 Normotensiven 188 Hypertensiven oder Normotensiven (gemischte Bevölkerung)	4–24 Wochen	1,6 – 4,8 g/d <40–120 mmol/Tag	Alle: SBP: -4,7 (-7,0 bis -2,4) DBP: -3,5 (-5,7 bis -1,3) Bluthochdruckpatienten: SBP: -6,8 (-9,3 bis -4,3) DBP: -4,7 (-7,5 bis -1,8)	Eine Kaliumergänzung ist mit einer Senkung des Blutdrucks bei Patienten verbunden, die keine blutdrucksenkenden Medikamente einnehmen, und die Wirkung ist bei Bluthochdruckpatienten signifikant.
Filippini et al., 2017 [40]	33	Randomisierte kontrollierte Studien	1829	1163 (Studien ≥4 Wochen insgesamt)	<4 bis ≥12 Wochen	1 – 10 g/d 25–250 mmol/Tag	SBP: -4,5 (-5,9 bis -3,1) DBP: -3,0 (-4,8 bis -1,1)	Eine Kaliumsupplementierung bei Bluthochdruckpatienten war im Allgemeinen mit einem verringerten Blutdruck verbunden, insbesondere bei Konsumenten mit hohem Natriumgehalt.
Poorolajal et al., 2017 [41]	23	Randomisierte kontrollierte Studien	1213	Primäre Hypertonie: 732 (SBP) 695 (DBP)	4–52 Wochen	0,24 – 8 g/d 6–200 mmol/Tag	SBP: -4,3 (-6,0 bis -2,5) DBP: -2,5 (-4,1 bis -1,0)	Eine Kaliumergänzung hat einen bescheidenen, aber signifikanten Einfluss auf den Blutdruck.
Bommel und Kleophas 2012 [42]	10	Crossover- und parallele Designstudien	556	Hohe Salzaufnahme, >170 mmol/24h	Nachbeobachtung 8–16 Wochen	Nicht verfügbar	SBP: -9,5 (-10,8 bis -8,1) DBP: -6,4 (-7,3 bis -5,6)	Die Kaliumbehandlung senkt den Blutdruck von Bluthochdruckpatienten mit salzreicher Ernährung erheblich.

SBP = Systolischer Blutdruck; DBP = Diastolischer Blutdruck.

Abbildung 2: Wirkung einer Kaliumergänzung auf den Blutdruck: Eine Zusammenfassung von Meta-Analysen randomisierter kontrollierter Studien. Aus *Iqbal et al 2019 (9)*

Bluthochdruck und Schlaganfall

Bluthochdruck ist ein wichtiger Risikofaktor für koronare Herzkrankheiten und Schlaganfälle. Menschen, die wenig Kalium zu sich nehmen, haben ein erhöhtes Risiko, Bluthochdruck zu entwickeln, insbesondere wenn ihre Ernährung viel Salz (Natrium) enthält. Eine höhere Kaliumzufuhr und eine geringere Natriumzufuhr können dazu beitragen, den Blutdruck zu senken und das Schlaganfallrisiko zu verringern. Der Nutzen von Kalium in der Nahrung könnte in erster Linie auf seine Wirkung auf den Blutdruck zurückzuführen sein. Ein hoher Kaliumgehalt in der Nahrung wird mit einer Senkung des Blutdrucks in Verbindung gebracht, insbesondere im Zusammenhang mit einer natriumreichen Ernährung. Die folgende Abbildung illustriert den positiven Einfluss einer erhöhten Kaliumzufuhr auf das Schlaganfallrisiko. Sie zeigt, dass bei einer täglichen Kaliumzufuhr von etwa 4,4 g das Schlaganfallrisiko um etwa 40 % reduziert wird (Abb.3) (10–12).

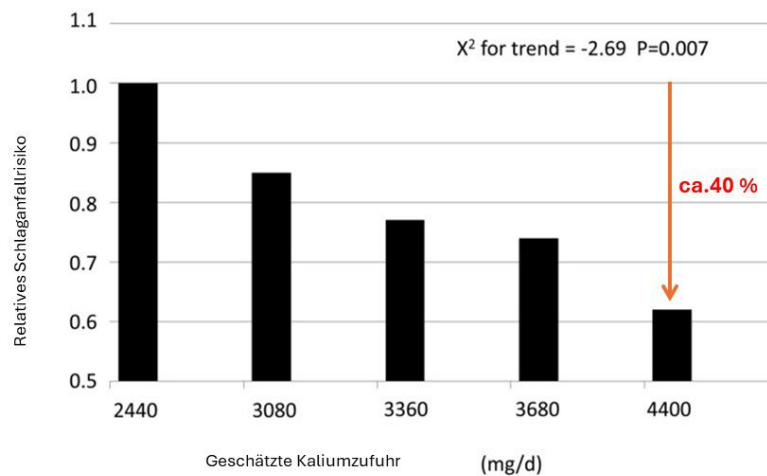


Abbildung 3: Wirkung einer Kaliumcitrat-Supplementierung nach 6 Monaten bei älteren Männern und Frauen auf die Netto-Nierensäureausscheidung und die Kaliumretention. Aus Weaver 2013 (4).

Kalium und Blutzucker

Die WHO beschreibt den Gesundheitsindikator für den mittleren Nüchternblutzucker als Maß für die durchschnittliche Blutzuckerkonzentration bei nüchternen Personen und als wichtigen Indikator zur Überwachung von Diabetes. Die erwarteten Werte für eine normale Nüchternblutzuckerkonzentration liegen zwischen 70 mg/dl (3,9 mmol/l) und 100 mg/dl (5,6 mmol/l). Wenn der Nüchternblutzucker zwischen 100 und 125 mg/dl (5,6 bis 6,9 mmol/l) liegt, werden Änderungen des Lebensstils und die Überwachung des Blutzuckers empfohlen.

Quelle: Mean fasting blood glucose – WHO Global <https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry/indicator/2380>

Im Hinblick auf das Diabetesrisiko rückt Kalium daher besonders in den Fokus. Kalium spielt eine bedeutende Rolle bei der Freisetzung von Insulin aus der Bauchspeicheldrüse. Eine geringe Kaliumzufuhr kann die Insulinsekretion beeinträchtigen, was zu einem Anstieg des Blutzuckerspiegels führen kann. Gleichzeitig fördert Insulin die Aufnahme von Kalium in die Zellen. Ein erhöhter Blutzucker fördert die Ausscheidung von Kalium über die Niere. Im Laufe der Zeit kann dies das Risiko der Entwicklung einer Insulinresistenz erhöhen und zu Typ-2-Diabetes führen. Eine hohe Kaliumaufnahme kann das Diabetesrisiko signifikant senken, wie eine US-amerikanische Studie zeigt. Dabei ist das Zusammenspiel verschiedener Elektrolyte, insbesondere Kalium und Magnesium, von großer Bedeutung. Es sind jedoch noch weitere Untersuchungen erforderlich, um vollständig zu verstehen, ob die Kaliumzufuhr den Blutzuckerspiegel und das Risiko für Typ-2-Diabetes beeinflusst.

In einer Studie mit 27 afroamerikanischen Teilnehmern von Chatterjee et al. im Jahr 2017 wurde eine signifikante Senkung des Nüchternblutzuckers nach 12 Wochen Kaliumchlorid (1,56 g/Tag) im Vergleich zu einem Placebo festgestellt (13).

Die doppelblinde, placebo-kontrollierte Studie aus dem Jahr 2016 von Conen et al. mit 11 Teilnehmern (7 Männer, 4 Frauen, im Alter von 47-63 Jahren) untersuchte die Wirkung einer

oralen Kalium-Supplementierung in Form von Kaliumchlorid (3,51 g/Tag) und Kaliumcitrat (3,51 g/Tag) über zwei Wochen (14).

- **Insulinproduktion**

Kaliumcitrat erhöhte die Insulinproduktion auf 88 % laut dem Homöostasemodell Beta (HOMA-B), verglichen mit 78 % beim Placebo ($p < 0,04$).

Kaliumchlorid erhöhte die Insulinproduktion auf 86 % verglichen mit 78 % beim Placebo ($p < 0,04$).

- **Insulinresistenz**

Kaliumcitrat verringerte die Insulinresistenz signifikant mit einem HOMA-IR-Wert von 2,8 (2,5-3,1), während das Placebo 3,2 (2,9-3,5) betrug ($p < 0,03$).

Kaliumchlorid zeigte keine signifikanten Effekte auf die Insulinresistenz.

- **Insulinsensitivität**

Kaliumcitrat - der Insulinsensitivitätsindex (Quicki) erhöhte sich auf 0,355 (0,305-0,405), im Vergleich zu 0,320 (0,265-0,375) beim Placebo ($p < 0,04$).

Kaliumchlorid zeigte keine signifikanten Effekte auf den Insulinsensitivitätsindex.

Zudem senkte Kaliumcitrat signifikant den systolischen und diastolischen Blutdruck über 24 Stunden (-4,0 mmHg und -2,7 mmHg) im Vergleich zum Placebo ($p < 0,02$). Beide Darreichungen erhöhten die Insulinproduktion im Vergleich zu einem Placebo signifikant, aber nur Kaliumcitrat verbesserte die Marker für Insulinresistenz und Insulin-empfindlichkeit. Eine Kalium-Supplementierung ohne offensichtlichen Kaliummangel verbesserte die β -Zellfunktion des Pankreas bei Patienten mit Prädiabetes. Die insulinsensibilisierende und blutdrucksenkende Wirkung hängt jedoch auch vom Citrat als begleitendes Anion ab.

Dosis-Wirkungs-Beziehung - Kalium-Zufuhr und Diabetesrisiko

Die Meta-Analyse von Lanfranco D'Elia et al. aus dem Jahr 2022 zeigt, dass die Kaliumaufnahme über die Nahrung mit dem Risiko für Diabetes in der Allgemeinbevölkerung in einer J-förmigen Beziehung steht. Besonders vorteilhaft scheint ein täglicher Kaliumverzehr zwischen 3 g und 5 g zu sein, was einen deutlichen Nutzen für die Diabetesprävention bedeutet. Diese Ergebnisse unterstützen internationale Empfehlungen, den täglichen Kaliumverbrauch durch regelmäßigen Verzehr von frischem Obst und Gemüse zu erhöhen, da die Kaliumaufnahme auf Bevölkerungsebene oft zu niedrig ist (Abb.4) (15).

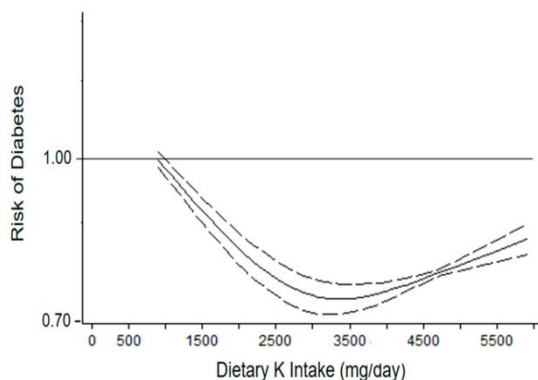


Abbildung 4: Dosis-Wirkungs-Assoziation zwischen der Aufnahme von Kalium (K) und dem Diabetesrisiko (sieben Kohorten) aus D'Elia et al. 2022 (15)

Kalium und Knochengesundheit

Ein erhöhter Verzehr von Obst und Gemüse kann die Knochengesundheit fördern, indem die Knochendichte, ein Indikator für die Festigkeit der Knochen, erhöht wird.

Eine unzureichende Kaliumzufuhr kann hingegen dazu führen, dass Knochen Kalzium verlieren und die Kalziumausscheidung im Urin steigt. Dies kann zu Knochenabbau und einem erhöhten Risiko für Nierensteine führen. Im Alter von 20 bis 80 Jahren nimmt die glomeruläre Filtrationsrate und damit die renale Netto-Säureausscheidung (NRAE) um bis zu 50 % ab. Überschüssige Säure kann dann mit Rezeptoren in den Knochenzellen interagieren und den Knochenabbau stimulieren. Die positiven Effekte von Kalium auf die Knochengesundheit zeigen sich insbesondere bei der Aufnahme von organischen oder alkalischen Kaliumsalzen, wie Kaliumbicarbonat oder Kaliumcitrat, in höheren Dosen von 2,4 g bis 3,6 g pro Tag. Kaliumchlorid hat diese Vorteile nicht in gleichem Maße (4).

Kalium und Nervengesundheit

Hypertonie ist allgemein als ein signifikanter Risikofaktor für Demenz anerkannt. Dies deutet auf einen Zusammenhang zwischen hohem Salzkonsum und nachteiligen kardiovaskulären sowie zerebrovaskulären Ereignissen hin, die schließlich zu kognitivem Abbau und Demenz führen können. Nichtsdestotrotz hat die Literatur betont, dass Natrium in der Nahrung ein unabhängiger Risikofaktor für Demenz sein kann.

Tatsächlich zeigte eine kürzlich in 2023 durchgeführte Studie von Liu et al. (16), dass eine übermäßige Salzaufnahme, gemessen an 24-Stunden-Urinsammlungen, signifikant mit einem schnelleren Fortschreiten der kognitiven Beeinträchtigung und einem erhöhten Demenzrisiko bei älteren Erwachsenen verbunden war, unabhängig von anderen wichtigen Risikofaktoren wie Bluthochdruck. Darüber hinaus ergab eine andere in Japan schon im Jahr 2012 von Ozawa et al. durchgeführte Studie (17), dass eine höhere Kaliumaufnahme über die Nahrung mit einem geringeren Demenzrisiko bei älteren Erwachsenen verbunden war. Diese Ergebnisse sind ein wichtiger Beweis für die Notwendigkeit, den Natriumkonsum zu reduzieren, um Demenz vorzubeugen, und die Vorteile des Verzehrs von kaliumreichen Lebensmitteln zu betonen (18, 19).

Kalium und Nieren- und Harnwegsgesundheit

Zum Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (RAAS) gehört eine Reihe von Reaktionen, die den Blutdruck regulieren.

Wenn der systolische Blutdruck auf 100 mmHg oder weniger sinkt, beginnen die Nieren, das Enzym Renin freizusetzen. Renin spaltet das im Blut zirkulierende Prohormon Angiotensinogen in kleinere Bestandteile, einschließlich Angiotensin I.

Angiotensin I, das wenig aktiv ist, wird durch das Angiotensinkonversionsenzym (Angiotensin Converting Enzyme - ACE) in das stark aktive Hormon Angiotensin II umgewandelt. Angiotensin II bewirkt die Verengung der kleinen Arterien (Arteriolen), was zu einer Erhöhung des Blutdrucks führt. Zusätzlich stimuliert Angiotensin II die Freisetzung von Aldosteron aus den Nebennieren und von Vasopressin (auch antidiuretisches Hormon genannt) aus der Hypophyse. Aldosteron und Vasopressin fördern die Speicherung von Natrium in den Nieren. Gleichzeitig bewirkt Aldosteron die Ausscheidung von Kalium durch die Nieren. Die erhöhte Natriummenge führt zur Wassereinlagerung, was das Blutvolumen vergrößert und somit den Blutdruck noch weiter erhöht. Ebenso kann eine unzureichende Kaliumzufuhr zu einem erhöhten Kalziumabbau aus den Knochen führen und die Kalziumkonzentration im Urin erhöhen. Ein erhöhter Kalziumgehalt im Urin kann die Bildung von Nierensteinen begünstigen, die möglicherweise schmerzhaft sein können. Eine gesteigerte Kaliumaufnahme in der

Ernährung kann dazu beitragen, das Risiko der Bildung von Nierensteinen zu reduzieren, da es den Urin alkalisieren kann (4).

Bei Harnwegsproblemen hilft Kalium auch den pH-Wert des Urins zu erhöhen, was besonders nützlich bei der Prävention von Harnsäuresteinen ist.

Kalium und Sport

Kalium ist der zentrale Mineralstoff sportlicher Leistungsfähigkeit. Kalium ist für die Muskelkontraktion und Reizübertragung zuständig, hilft den Eiweißabbau zu reduzieren und die Energiespeicherung im Muskel sowie die Regenerationseffektivität zu begünstigen.

Bei erhöhtem Flüssigkeitsverlust durch körperliche Anstrengung oder sportliche Aktivitäten, insbesondere unter hohen Temperaturen, kann ein Kaliumdefizit auftreten. Unter solchen Bedingungen produziert der Körper in einer Stunde bis zu 3 Liter Schweiß, wodurch erhebliche Mengen an Elektrolyten, einschließlich Kalium, verloren gehen. Der Kaliumgehalt im Schweiß beträgt etwa 200 mg pro Liter. Für die Wiedereinlagerung des während sportlicher Aktivität verbrauchten Glykogen wird Kalium benötigt. Pro Gramm Glykogen werden 19,5 mg Kalium benötigt. Zum Beispiel für die Wiedereinlagerung der bei einer intensiven Trainingseinheit oder im Wettkampf verbrauchten 200 g Glykogen (ca. 850 kcal) sind somit rund 4 g Kalium notwendig.

Ein Profisportler jedoch kann während intensivster körperlicher Belastung bis zu 8 Liter Schweiß pro Tag verlieren. Diese erheblichen Schweißverluste können den Kaliumbedarf erhöhen, der sich zusätzlich um bis zu 1,5 Gramm pro Tag steigern kann, um den Verlust adäquat auszugleichen.

6. KALIUMCITRAT MSE

Bioverfügbarkeit

Mehrere wissenschaftliche Studien haben gezeigt, dass an Citrat gebundenes Kalium die Bioverfügbarkeit signifikant verbessert. Die verbesserte Bioverfügbarkeit kann auf die chemischen Eigenschaften von Kaliumcitrat zurückgeführt werden, die eine effizientere Absorption und Verwertung von Kalium im menschlichen Körper ermöglichen. Im Vergleich zu anderen Kaliumverbindungen, wie beispielsweise Kaliumchlorid, wurde festgestellt, dass Kaliumcitrat eine höhere Löslichkeit im Magen-Darm-Trakt aufweist, was zu einer verbesserten Aufnahme über die Darmwand führt. Kaliumcitrat ($C_6H_5K_3O_7$) besteht aus drei Kaliumionen (K^+) und einem Citration, welches ein Salz der Zitronensäure ist. Es hat einen eher milden, leicht sauren Geschmack aufgrund der Zitronensäure. Bei oraler Einnahme von mitotropen Substanzen wie das **Kaliumcitrat mse** wird die Magenverträglichkeit verbessert, wenn das Präparat zu einer Mahlzeit mit ausreichend Flüssigkeit eingenommen wird.

Tabelle I zeigt den Kaliumcitratgehalt sowie die empfohlene Dosis des **Kaliumcitrat mse**.

	Verzehrempfehlung (Kapseln)	Kaliumcitrat mse mg/Tag	Packungsgröße	PZN
Kaliumcitrat mse	2 Kps zur Mahlzeit mit ausreichend Wasser einnehmen	600mg	60 Kps.	19108898

Tab. I. - Empfohlene Tagesdosis und Kaliumcitrat-Gehalt im **Kaliumcitrat mse**.

7. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Kalium ist ein essenzieller Mineralstoff, der im Körper viele wichtige Funktionen erfüllt. Studien belegen, dass eine ausreichende Kaliumzufuhr, auch in Form von mitotropen Substanzen wie **Kaliumcitrat mse**, zahlreiche gesundheitliche Vorteile bieten kann. Dazu gehört die Senkung des Blutdrucks, die Verringerung des Schlaganfallrisikos sowie die Unterstützung eines stabilen Blutzuckerspiegels und die Prävention von Typ-2-Diabetes. Darüber hinaus fördert Kalium die Knochengesundheit, indem es den Kalziumhaushalt reguliert und den Knochenabbau vermindert. Es spielt auch eine wichtige Rolle für das Nervensystem, die Nierenfunktion und die körperliche Leistungsfähigkeit, insbesondere im Sport.

Das **Kaliumcitrat mse** bietet eine effektive Möglichkeit, die allgemeine Gesundheit zu unterstützen und spezifischen gesundheitlichen Risiken vorzubeugen. Durch die gezielte Ergänzung können Defizite ausgeglichen und die Gesundheit optimal unterstützt werden. In einer umfassenden Therapieplanung können Kaliumpräparate wie das **Kaliumcitrat mse** daher eine zentrale Rolle spielen, um die Gesundheit der Patienten langfristig zu sichern und zu verbessern.

8. KONTRAINDIKATIONEN

Besondere Aufmerksamkeit ist erforderlich, wenn die Kaliumausscheidung aufgrund einer Nierenerkrankung oder bestimmter Medikamente wie z.B. Diuretika, Blutdrucksenker oder Schmerzmittel, vermindert ist. Schon geringe Schwankungen des extrazellulären Blutkaliumspiegels können zu schweren neuromuskulären und muskulären Störungen führen. Personen mit eingeschränkter Nierenfunktion sollten die Einnahme von Kalium sowie die Verwendung entsprechender Medikamente unbedingt mit ihrem Arzt abklären.

Weitere Erkrankungen, bei denen Vorsicht bei der Kalium-Supplementation geboten ist, umfassen Dehydration, Morbus Addison und die Sichelzellenanämie.

Eine Hyperkaliämie ($>5,5$ mmol/l) äußert sich zunächst in neuromuskulären Störungen wie allgemeine Muskelschwäche und schwere Beine. Weiter Symptome sind Parästhesien an Händen und Füßen, Atemstörungen durch Muskelschwäche und vor allem Störungen der Herzrhythmus. Schwere Hyperkaliämien sind lebensbedrohlich ($>7,5$ mmol/l).

Nur für medizinische Fachkreise
Ein Service der mse Pharmazeutika GmbH

Hinweis:

Die Texte dieser Fachinformation wurden mit Sorgfalt erstellt. Gleichwohl wird keine Haftung für die Richtigkeit und Vollständigkeit übernommen. Die Fachinformation ist keine abschließende Information und ersetzt nicht die medizinische Beratung.

9. REFERENCES

1. A. S. Pivovarov, F. Calahorro, R. J. Walker, Na⁺/K⁺-pump and neurotransmitter membrane receptors. *Invert Neurosci.* **19**, 1 (2018), doi:10.1007/s10158-018-0221-7.
2. M. Zehender *et al.*, Antiarrhythmic effects of increasing the daily intake of magnesium and potassium in patients with frequent ventricular arrhythmias. Magnesium in Cardiac Arrhythmias (MAGICA) Investigators. *Journal of the American College of Cardiology.* **29**, 1028–1034 (1997), doi:10.1016/S0735-1097(97)00053-3.
3. K. J. Aaron, P. W. Sanders, Role of dietary salt and potassium intake in cardiovascular health and disease: a review of the evidence. *Mayo Clinic proceedings.* **88**, 987–995 (2013), doi:10.1016/j.mayocp.2013.06.005.
4. C. M. Weaver, Potassium and health. *Adv Nutr.* **4**, 368S-77S (2013), doi:10.3945/an.112.003533.
5. L. P. Svetkey, W. E. Yarger, J. R. Feussner, E. DeLong, P. E. Klotman, Double-blind, placebo-controlled trial of potassium chloride in the treatment of mild hypertension. *Hypertension.* **9**, 444–450 (1987), doi:10.1161/01.hyp.9.5.444.
6. M. C. Houston, The importance of potassium in managing hypertension. *Curr Hypertens Rep.* **13**, 309–317 (2011), doi:10.1007/s11906-011-0197-8.
7. M. Á. Martínez-González, A. Hernández Hernández, Effect of the Mediterranean diet in cardiovascular prevention. *Revista Española de Cardiología (English Edition).* **77**, 574–582 (2024), doi:10.1016/j.rec.2024.01.006.
8. S. Murao, Y. Takata, M. Yasuda, H. Osawa, F. Kohi, The Influence of Sodium and Potassium Intake and Insulin Resistance on Blood Pressure in Normotensive Individuals Is More Evident in Women. *American Journal of Hypertension.* **31**, 876–885 (2018), doi:10.1093/ajh/hpy041.
9. S. Iqbal, N. Klammer, C. Ekmekcioglu, The Effect of Electrolytes on Blood Pressure: A Brief Summary of Meta-Analyses. *Nutrients.* **11** (2019), doi:10.3390/nu11061362.
10. T. Filippini *et al.*, Potassium Intake and Blood Pressure: A Dose-Response Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of the American Heart Association.* **9**, e015719 (2020), doi:10.1161/JAHA.119.015719.
11. H. Castro, L. Raij, Potassium in hypertension and cardiovascular disease. *Seminars in Nephrology.* **33**, 277–289 (2013), doi:10.1016/j.semnephrol.2013.04.008.
12. G. S. Aljuraiban, R. Gibson, D. S. Chan, L. van Horn, Q. Chan, The Role of Diet in the Prevention of Hypertension and Management of Blood Pressure: An Umbrella Review of Meta-Analyses of Interventional and Observational Studies. *Adv Nutr.* **15**, 100123 (2024), doi:10.1016/j.advnut.2023.09.011.
13. R. Chatterjee *et al.*, Effects of potassium supplements on glucose metabolism in African Americans with prediabetes: a pilot trial. *The American journal of clinical nutrition.* **106**, 1431–1438 (2017), doi:10.3945/ajcn.117.161570.
14. K. Conen, R. Scanni, M.-T. Gombert, H. N. Hulter, R. Krapf, Effects of potassium citrate or potassium chloride in patients with combined glucose intolerance: A placebo-controlled pilot study. *J. Diabetes Complicat.* **30**, 1158–1161 (2016), doi:10.1016/j.jdiacomp.2016.03.017.
15. L. D'Elia *et al.*, Dietary Potassium Intake and Risk of Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Studies. *Nutrients.* **14**, 4785 (2022), doi:10.3390/nu14224785.

-
16. W. Liu *et al.*, Excessive Dietary Salt Intake Exacerbates Cognitive Impairment Progression and Increases Dementia Risk in Older Adults. *Journal of the American Medical Directors Association*. **24**, 125-129.e4 (2023), doi:10.1016/j.jamda.2022.10.001.
 17. M. Ozawa *et al.*, Self-reported dietary intake of potassium, calcium, and magnesium and risk of dementia in the Japanese: the Hisayama Study. *J Am Geriatr Soc*. **60**, 1515–1520 (2012), doi:10.1111/j.1532-5415.2012.04061.x.
 18. J. Rodrigues *et al.*, Adherence to the Mediterranean Diet, Sodium and Potassium Intake in People at a High Risk of Dementia. *Nutrients*. **16** (2024), doi:10.3390/nu16101419.
 19. E. R. McGrath *et al.*, Blood pressure from mid- to late life and risk of incident dementia. *Neurology*. **89**, 2447–2454 (2017), doi:10.1212/WNL.0000000000004741.