

## KREATIN (Cr) (in weiteren Folien: Cr=Kr)

Eine weltweit hohe Forschungsdichte und zahlreiche wissenschaftliche Studien seit Ende der 1980er Jahre konnten das vielfältig-positive Wirkungspotenzial von Kreatin für viele Bereiche und Funktionen von Körperorganen und Körperzellen mit hoher Evidenz aufzeigen und evaluieren.

Kreatin (Cr) bzw. Kreatin-Phosphat (PCr) ist zusammen mit Adenosintriphosphat (ATP) die bedeutendste anaerob-alkalotrophe Kurzzeit-Energiequelle und hat bes. im (Leistungs)Sport eine individuell leistungssteigernde und länger leistungserhaltende Bedeutung.

Kreatin ist eine aus dem 3-Aminosäurenkomplex **Arginin**, **Glycin** und **Methionin** gebildete ergogene Nahrungsergänzung mit Wirkung für höhere / hohe physische und mental-kognitive Leistungsanforderungen.

Kreatin ist unabdingbar zur Funktionserhaltung und Leistungssteigerung vieler Organsysteme bei höheren Belastungsanforderungen.

Kreatin erweist sich als bedeutende Substanz zur mental und körperlichen Leistungssteigerung im Alltag und (Leistungs-) Sport, sowie als multipler gesundheitlicher Benefit bis ins hohe Alter.

Die nachfolgende Präsentation richtet sich **schwerpunktbezogen auf die Wirkung von Kreatin auf die sportlichen Leistungsanforderungen – besonders der Sportart FUßBALL.**

## KREATIN

Das in Nieren, Bauchspeicheldrüse und Leber produzierte Cr (1-2g/Tag) wird im Muskel mit Hilfe des Enzyms Kreatinkinase und ATP zu **Cr-Phosphat (PCr)** hochenergetisch aufgeladen

Je größer der muskuläre Cr-Vorrat u. damit das PCr, desto **mehr, schneller und länger** kann das durch Belastung verbrauchte ATP (Sofortenergie) wiederhergestellt werden (Cr-Gesamt-Körpervorrat: 100-120g)

Folge: z.T. deutliche Steigerung der (Schnell-)Kraft, Schnelligkeits- und Ausdauerleistung nach sportlichen Leistungen

Täglicher Kr-Bedarf: 3-5g je nach körperlicher Leistung; im Leistungsfußball ca. **5g/Tag**; Restzufuhr von 3-4g über Eigensynthese hinaus durch **Fleisch** und **Fisch** (250-300g / Tag)

Die schnellen, weissen und vorwiegend glykolytisch arbeitenden Muskelfasern haben den höchsten Gehalt an Cr+PCr. Für Schnelligkeits- und Schnellkraftsportarten ist deshalb eine hohe Kreatin-Versorgung bes. wichtig!

Hochintensive Fußballtrainings-/Wettbewerbbelastung provoziert eine hohe, muskuläre PCr- Entleerung bes. der im Fußball wichtigen, „schnellen“ Typ II-Muskelfasern und damit eine erhebliche Verringerung der (Schnell-)Kraft und Schnelligkeitsleistung

Nur ein hoher, muskulärer Cr / PCr-Speicher garantiert einen möglichst langen Erhalt aller im Fußball wichtigen, konditionellen Fähigkeiten auf hohem Intensitätsniveau bei geringerer, leistungsmindernde Laktatbildung

## KREATIN als natürliche, endogene Körpersubstanz im menschlichen Körper

- Kreatin-Gesamtpool für 70kg (154lbs) männl. Person: 120-140g gesamt; ca. 1-2g/Tag Kreatin wird endogen produziert in Leber und Niere, Pankreas und deckt ca. 50% (1-2g) den Tagesbedarf (2-5g je nach körperlicher Leistung), exogen über Fleisch und Fisch (ca. 1g/Tag bei „normaler“ Ernährung) oder in synthetischer Form
- Kreatin zu ca. 95% im Skelettmuskel gespeichert, ca. 40% als freies Kreatin ,ca.60% als Kreatinphosphat (PCr)
- Die endogene Biosynthese von Kreatin geschieht über die Aminosäuren **Arginin**, **Glycin** und **Methionin** und ist physiologisch eingebunden in das Kreatinkinase-Phosphokreatin-System
- Die an der Biosynthese von Kreatin beteiligten Enzyme **Transaminidase** und **Transmethylase** kommen beim Menschen in Leber, Pankreas, Milz und im Gehirn vor. Der Kreatinstoffwechsel der Muskelzelle wird durch die Aufnahme von Kreatin aus dem Blut bestimmt.
- Kreatin ist notwendige Voraussetzung für alle energieverbrauchende biologische Vorgänge
- Kreatin ist synthetisch herstellbar als (hoch) leistungsunterstützendes Nahrungsergänzungsmittel (NEM)
- Kreatin ist eine weltweit umfangreiche, wissenschaftlich belegte Dokumentation der positiven Wirkung von Kreatin als bedeutende, leistungsfördernde Substanz

## Vielfältige (pleiotrope) Effekte von Kreatin

Kreatin (Cr) - Supplementation verbessert die Funktion diverser Organe (z.B. Skelett- und Herzmuskel, Gehirn, Nerven, Seh- und Gehörvorgang, Spermien etc.) mit physischer und mental-kognitiver Leistungssteigerung durch Verbesserung des zellulären Energiezustandes (via Cr/PCr/ATP) und der zellulären Prozesse

### Nichtenergiebezogene positive Wirkungen auf:

Aktivierung von Satellitenzellen

Hormonelle Effekte (via Insulin, Wachstums- und Sex Hormone)

Neuromuskuläre und Neurodegenerative Erkrankungen

(Alzheimer-)Demenz, Parkinson, Multiple Sklerose und Epilepsie

Krebserkrankungen (therapieunterstützende Wirkung!); Subrata Patra et al. 2009

Lebensalter und Lebensqualität

Lern- und Gedächtnisleistungen

Energiebasis für viele Gehirnleistungen

Heilungsbeschleunigung nach Verletzungen und Operationen u.a.

### energiebezogene Wirkungen

Verbesserung des zellulären Energiezustandes (Cr/PCr/ATP)

Verbesserung der Effizienz zellulärer Prozesse (ergogen)

Adhihetty PJ, Beal MF (2008)

Andres RH, Ducray AD, Schlattner U, Wallimann T, Widmer HR (2008)

McMorris T, Mielcarz G, Harris RC, Swain JP, Howard A (2007 a)

McMorris T, Harris RC, Howard AN, Langridge G, Hall B, Corbett J, Dicks M, Hodgson C (2007 b)

Rae C, Digney AL, McEwan SR, Bates TC (2003)

Schulze A (2003)

Shin JB, Streijger F, Beynon A, Peters T, Gadzala L, McMillen D, Bystrom C, Van der Zee CE, Wallimann T, Gillespie PG (2007)

Stockler S, Schutz PW, Salomons GS (2007)

Wallimann T, Hemmer W (1994)

Subrata Patra et al.: „A short review on creatine-creatine kinase system in relation to cancer and some experimental results on creatine as adjuvant in cancer therapy“ (2009)

## Vielfältige Wirkungsbereiche von KREATIN im Spitzen- und Breitensport

### Kreatin verbessert:

Kraft

Schnelligkeit

Ausdauer

Muskel-Laktat-Werte

Koordination

Muskelrelaxation

Erholung nach Erschöpfung

Erhöhung des Anteils an Muskelmasse (LBM)

Vergrößerung des Muskelfaserquerschnitts

Training + Kreatin + Kohlenhydrate in Kombination erhöhen: Kreatinaufnahme + Glykogenspeicher

# KREATIN

Der eindrucksvolle, wissenschaftlich und praktisch dokumentierte Siegeszug von

Spitzensport bis Geriatrie

Olympiasieg bis Altersschwäche

im Spannungsfeld zwischen

Glauben und (Nicht)Wissen

Vorurteil und Akzeptanz

Verbot und Anwendung

Doping und Nahrungsergänzung

## Zwei exemplarische Aussagen zu Kreatin im Fußball

1. Präsident eines aufstrebenden Fußballclubs: „Ich verstehe zwar nichts von Kreatin, aber meinen Spielern verbiete ich es – ich bin gegen Doping!“
2. Fußballtrainer der oberen Ligen: „Ich lehne grundsätzlich jede Einnahme von Medikamenten im Fußball ab. Kreatin in Pulver- oder Tablettenform assoziiere ich mit Medikament“.

Beide Aussagen – Nichtwissen und Fehlmeinung – sind an Unkenntnis in dieser personellen Position nicht zu übertreffen! (Allmann)

## NAHRUNGSERGÄNZUNGSMITTEL (NEM) auf wissenschaftlichem Prüfstand

Im Gegensatz zu den oft anekdotischen Werbeversprechen ist die wissenschaftlich gesicherte Datenlage der in Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) enthaltenen Substanzen oft gering und mangelhaft. Nur wenige, ergogene (leistungsfördernde) NEM sind wissenschaftlich gesichert.

### Als wissenschaftliche Studien über Kreatin noch am Anfang waren

- Experimentierfreudige Bodybuilder waren die Erstanwender von Kreatin
- Unkontrollierte Einnahme bzgl. Produktqualität und Dauer
- Unkontrollierte Einnahme-Art, Einnahme-Menge , Einnahme-Dosierung
- Erste Publikationen mit 20g / Tag (Lademenge / -phase über 5 Tage)
- Spätere Publikationen reduzierten die Lademenge auf 10g / Tag
- Zahlreiche Gerüchte und Falschmeldungen
- Vorbehalte, Vorurteile, Meinungsstreit, „Glaubenskriege“, Doping??
- Kreatin zweifelhafter Ruf - bei Unkenntnis der Studienlage bis heute
- Umfragen zeigen: Kreatin verstehen nur wenige Leute – sogar Ärzte!

## „Status quo“ (2021) im Umgang mit Kreatin

**Verunsicherte:** Vereinsärzte – Sportärzte - Physiotherapeuten - Ernährungsberater - Apotheker - Trainer - Sportler

### Fragebögen von 30 Sportärzten

Doping? (ungutes Gefühl)

Nebenwirkungen?: Nieren u.a.

Gewichtszunahme, Wassereinlagerung

Schäden Langzeiteinnahme?

Dosierung, Dosierungsintervall (Pausen)

Kinder?, Jugendliche?

Verwechslung mit anderen Substanzen

(z.B. Kreatinin, Carnitin, Keratin, Karotin)

Verletzungen, Muskelkrämpfe (Schnellkraft-Sportarten)

Kontraproduktiv bei Ausdauersportarten?

**KREATIN** erfüllt im positiven Sinne alle Kriterien zur Beurteilung eines ergogenen (leistungsfördernden) Nahrungsergänzungsmittels und ist durch eine große Anzahl positiver Effizienzstudien seit Mitte der 90iger Jahre des 20. Jh. wissenschaftlich belegt.

**KREATIN** besitzt dank moderner Grundlagenforschung ein überzeugendes, weltweit wissenschaftlich breit dokumentiertes Wirkungsspektrum – speziell hinsichtlich der positiven Wirkung von Kreatin als bedeutende, leistungsfördernde Substanz in der Kategorie der halbessenziellen Nahrungsergänzungsmittel.

Andres RH, Ducray AD, Schlattner U, Walliman T, Widmer Hr, (2008); Brosnan JT, Brosnan ME (2007); Wyss M, Kaddurah-Daouk R, (2000); Wyss M, Braissant O, Pischel I, Salomons GS, Schulz A, Stöckler S, Wallimann T (2007)

**KREATIN** ist das zur Zeit am häufigsten wissenschaftlich erforschte Nahrungsergänzungsmittel zur individuellen Erhöhung der mentalen und physischen Leistungsfähigkeit (ca.10-20%)

- für Breiten- und (Hoch)Leistungssportler
  - für fast alle konditionellen Fähigkeiten
  - für Jugendliche bis Senioren
  - für alle mentalen Anforderungen
  - für viele neurodegenerative Erkrankungen
  - für Regeneration und Rekonvaleszenz
  - für Unterstützung von Krebstherapie (!)
- u.v.m.

# KREATIN

Substanz – Historie - Anwender  
Statements - Positionen

Nachfolgend gelten folgende Abkürzungen bzw. sind gleichbedeutend:  
Kreatin: Cr = Kr; Phosphokreatin: KrP = PKr = PCr; Kreatin-Kinase: CK

## KREATIN

**„... Caffeine and Creatine are the only scientifically proven substances with a true ergogenic effect“**

Report of the EU Scientific Committee on Food on „Composition and specification of food intended to meet the expenditure of intensive muscular effort, especially for sportsmen“ ( 22 June 2000).

Siehe auch: Position- Papier der Internat. Soc. Sports Nutrition: Buford TW et al. (2007) Aug. 4: 6-14.

„**Creatine** supplementation should be viewed as possibly one of the most significant developments of sports related nutrition since the discovery of carbohydrate loading in the 1960s“

Paul Greenhaff, GB, Pionier der Kreatinforschung

Eine leistungssteigernde (ergogene) Wirkung von Nahrungsergänzungsmitteln ist nur für wenige Substanzen weltweit nachgewiesen: *Kohlenhydrate*, *Elektrolyte*, *Proteine*, *Koffein* und **Kreatin**

Quelle: „Nutritional Supplements in Sport, Exercise and Health: An A-Z Guide“ . Castell L.M., Stear S.J., Burke L.M. (Hrsg.), Verlag: Routledge, April 2015.  
Taschenbuch: 454 Seiten, englisch. Aus: Publikationsserie im British Journal of Sports Medicine, Linda Castell, Univ. of Oxford, „Cellular Nutrition Research Group“.

„... Caffeine and Creatine are the only scientifically proven substances with a true ergogenic effect“

Report of the EU Scientific Committee on Food on „Composition and specification of food intended to meet the expenditure of intensive muscular effort, especially for sportsmen“ ( 22 June 2000).

Eine (hoch)ergogene Wirksamkeit ist wissenschaftlich belegt für: Kreatin, Koffein, Kohlenhydrate, Bicarbonat - bei Mangel: Eisen, Magnesium und Flüssigkeit „Diese wenigen hochergogenen Nahrungsergänzungsmittel (NEM) überzeugen durch seriösen wissenschaftlichen Nachweis und weniger durch Werbung“

T. Meyer: Nahrungsergänzung im Fußball; Universität Saarbrücken

W. Schänzer / K. Köhler / H. Braun: Einsatz von Nahrungsergänzungsmitteln im Sport .In: Leistungssport, 5 (Sept. 2011), S.47-48. Institut für Biochemie, Deutsche Sporthochschule Köln

Eine Diagnostik des individuellen Mikronährstoff-Status mit evtl. Substitution defizitärer Mikronährstoffe kann sich ebenfalls ergogen (leistungssteigernd) auswirken (siehe auch Mikronährstoff-Forschungsarbeiten von Prof. Dr. E. Wienecke).

H. Allmann

Lediglich für wenige Substanzen liegen ausreichend Daten zur Beurteilung der Wirksamkeit vor. Positive Effekte auf die körperliche Leistungsfähigkeit sind beschrieben für:

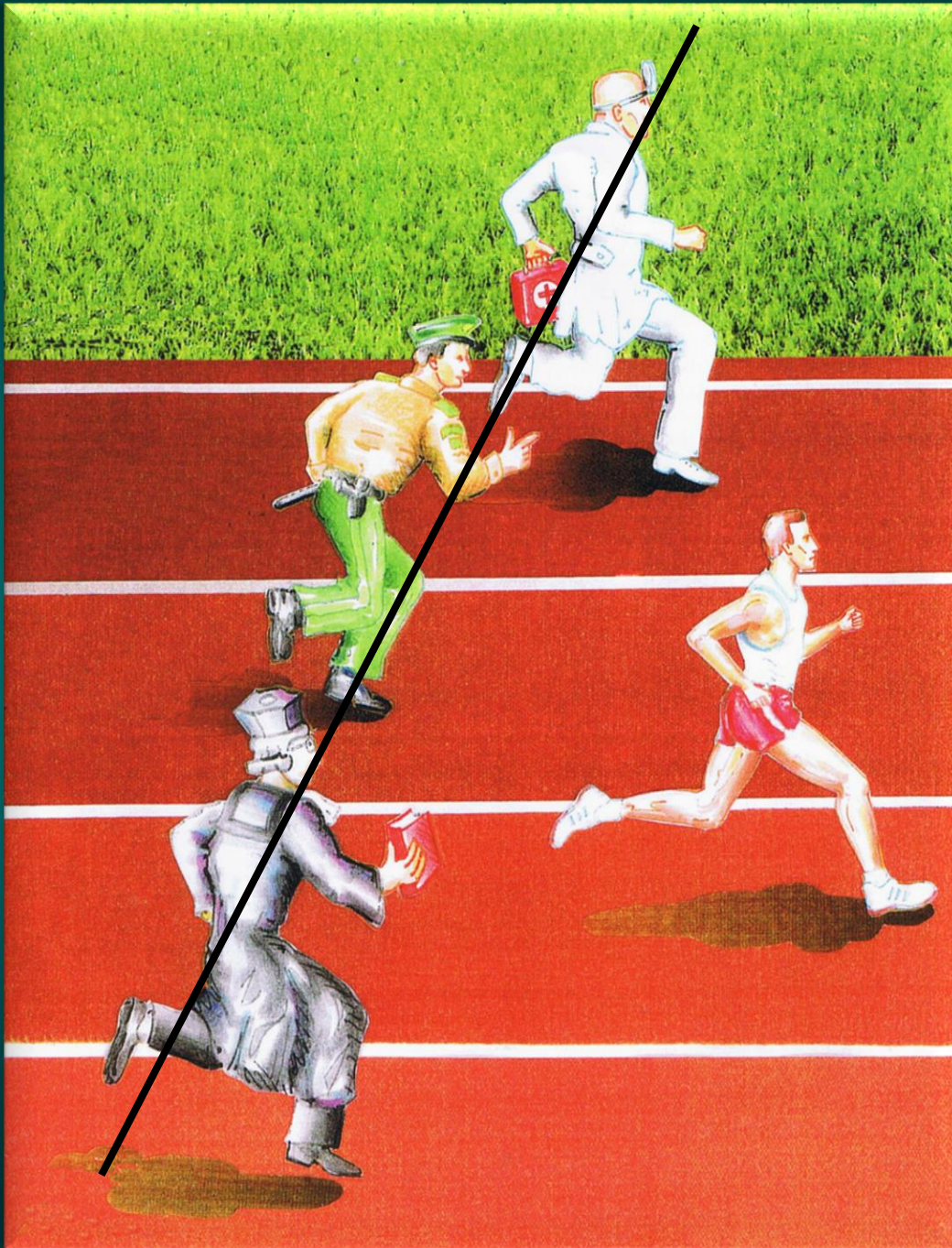
**KOFFEIN** (zentral stimulierend; ab 2-3 mg/kg Körpergewicht: Steigerung der Ausdauerleistung)

**KREATIN** (ab ca. 3 g/d: Zuwachs an Muskelmasse und Muskelkraft, Verbesserung der Glykogen-einlagerung; Verbesserung von kurzen, intensiven Schnellkraft-Intervallbelastungen)

**BICARBONAT** (ab 0,3 g/kg Körpergewicht: verzögerte Ermüdung bei kurzen Ausdauer-/ Intervallbelastungen)

**KOULENHYDRATHALTIGE PRÄPARATE** (ca. 60-90 g/h: Verbesserung der Ausdauerleistung)

**W. Schänzer / K. Köhler / H. Braun:** Einsatz von Nahrungsergänzungsmitteln im Sport . In: Leistungssport, 5 (Sept. 2011), S.47-48. Institut für Biochemie, Deutsche Sporthochschule Köln



Kreatin ist **keine**  
Dopingsubstanz

Kreatin ist ein **legales**  
Nahrungsergänzungsmittel

## Moralisch/Ethische Gesichtspunkte der Substitution/Supplementation von Kreatin

Hochleistungssportler bewegen sich im Grenzbereich körperlicher Leistungserbringung, die durch zeitlich begrenzte, physiologische Reservemechanismen unterstützt werden können.

Im energetischen Bereich ist es die Speicherauffüllungsreserve, um abverlangte hohe Belastungen länger und effektiver durchhalten zu können. Zurecht gilt der – jedoch für Kreatin nicht ganz zutreffende – Einwand, dass die Zufuhr von Substanzen, die der Organismus vollständig und ausreichend synthetisieren kann (z.B. Hormone) als pharmakologische Beeinflussung im Sinne des Dopings zu gelten hat. Kreatin kann jedoch in der Sonderrolle als halbessentielles Energietransport- und Energiespeichermolekül via Kreatinphosphat für anaerob – alaktazide Kurzzeit-Höchstleistungen nicht ausreichend endogen synthetisiert werden. Eine Kreatinzufuhr fällt somit im weitesten Sinne unter den Substitutionsbegriff. Während ein superkompensatorisches Kohlenhydratloading zur Verbesserung der Ausdauerleistung nicht den Tatbestand des Dopings erfüllt, wird *unverständlicherweise* ein begrenztes Kreatinloading – ein overloading ist nicht möglich – als Doping diskutiert, ungeachtet der multiplen, gesundheitlichen Funktionsweise, des hohen Benefits bes. in der Rehabilitation und der vielfach nachgewiesenen, gesundheitlichen Unschädlichkeit.

Wenn die WADA Kreatin nur als Mittel zur physischen Leistungssteigerung auf die Dopingsliste setzen will, muss sie konsequenterweise auch das Training auf die Dopingliste setzen. Die Funktionäre der WADA und weiterer Sportverbände gleicher Denkweise beweisen die inhaltliche Wissensferne zur Funktion u. Wirkung von Kreatin, bevor sie durch Verbot auch die sportliche Chancengleichheit erschweren. Durch die weltweite Nutzung von Kreatin als ein gesundheitlich unbedenkliches, ergogenes Nahrungsergänzungsmittel nicht nur von (Leistungs-)Sportlern, werden alle Nutzer unter einen generellen Dopingverdacht gesetzt.

Dem Sportler helfen keine ständigen Verbote, moralisierende Appelle und Infragestellungen; er braucht – dem hohen Anspruch des (Leistungs-)Sports entsprechend – adäquate, ergogene Alternativen, die sein individuelles Leistungspotenzial auf einer ethisch verantwortbaren Weise ausschöpfen und den gefährlichen, ethisch nicht vertretbaren Zugriff auf echte Dopingsubstanzen uninteressant machen. Kreatin ist eine solche Alternative.

## Kriterien zur Beurteilung von Nahrungsergänzungsmitteln (NEM)

1. Gibt es einen physiologischen Wirkungszusammenhang eines Mangels mit der sportlichen Leistungsfähigkeit?

NEM müssen eine leistungsphysiologische Plausibilität aufweisen und ihre potenzielle Wirksamkeit muss in seriöser Fachliteratur wissenschaftlich belegt sein.

2. Ist ein Mehrbedarf eines bestimmten NEM, z.B. bei intensivem Training, gesichert notwendig und sinnvoll?

Der Energiebedarf ist bei verschiedenen Sportlertypen und ähnlicher Leistung schwer kalkulierbar.

3. Gibt es valide, wissenschaftliche Nachweise für die Effizienz eines NEM?

Wie groß ist die Anzahl positiver - evtl. auch negativer – Effizienzstudien?

4. Gibt es negative Überdosierungswirkungen?

5. Wie hoch ist die Sicherheit vor Verunreinigung mit verbotenen Substanzen?

NEM sind oft zu 10-20% mit verbotenen oder toxischen Substanzen z.B. aus synthetischem Produktionsprozess verunreinigt (Studie des Biochemischen Instituts der Deutschen Sporthochschule Köln). Kontrolle: ist die Charge des NEM in einem Dopinglabor getestet? Informationen über „Kölner Liste“, [www.koelnerliste.com](http://www.koelnerliste.com).

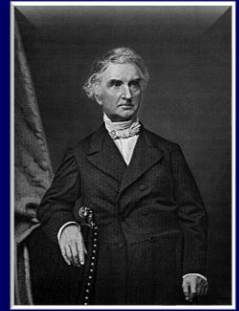
**KREATIN erfüllt in positivem Sinne alle Kriterien zur Beurteilung eines ergogenen Nahrungsergänzungsmittels und ist durch viele positive Effizienzstudien seit Mitte der 90iger Jahre des 20. Jh. wissenschaftlich belegt.**

# KREATIN

## Erste Entdeckungen

**1832** von dem Franzosen Chevreul in Rindfleischbrühe

**1847** erster Hinweis zur Nutzung im „Leistungssport“: Justus von Liebig entdeckt bei Wildtieren mit hohen Flucht- und Ausdauerereigenschaften 10x höheren Cr-Gehalt als bei gleichen (domestizierten) Haustieren und analysiert chemische Verbindung



Justus von Liebig  
(1803-1873)

Analogie beim Menschen: (Leistungs-)Sportler mit hohem Energiebedarf benötigen erheblich mehr Kreatin (**bis 5g/Tag**) als bewegungsarme „Normalmenschen“ (**2-3g/Tag**)

Leistungssportler zeigen im Wettkampf in verschiedenen Sportarten (z.B. leichtathletische Läufe und Sportarten) ähnliche „*Flucht- und Ausdauerfähigkeiten*“ wie die o.g. Wildtiere.

1978 Beginn wissenschaftlicher Studien über die Wirkung von Kreatin beim Menschen von **Hultman, Harris** und **Greenhaff**

Erste bekannte „Cr-Erfolge“ im Sport: Olympiasiege Linford Christie (100m), Colin Jackson (110m Hürden), Sally Gunnell (400m Hürden) bei Olympische Spiele 1992, Barcelona

Danach bis heute weltweit wissenschaftliche **Studien-“Explosion“** der leistungssteigernden Wirkung von Cr im (Leistungs-)Sport (mehrere 1000 Studien)

Allein bis 2008 380 Studien zur positiven Cr-Wirkung im Leistungssport

Annahme: ca. 80% aller Leistungssportler weltweit nehmen Cr

## KREATIN (Cr)

- = behördlich geprüfetes und zugelassenes **Nahrungsergänzungsmittel (NEM)**
- = **natürliche Körpersubstanz** (Niere, Leber und Bauchspeicheldrüse produzieren tageshäufig 1-2g/Tag Kreatin)
- = natürlich in **Fleisch** und **Fisch** (Cr.-Tagesbedarf 2-3g)
- = **notwendige** Voraussetzung für alle *energieverbrauchende*, biologische Vorgänge
- = **synthetisch** herstellbar als **leistungsunterstützendes NEM**
- = Verbindung aus **Aminosäuren** Arginin, Glycin, Methionin

### KREATIN-Menge als natürliche, endogene Körpersubstanz im menschlichen Körper

- 70kg KG männliche Person: ca. 140g gesamt
- 2/3 als Kreatinphosphat (PCr), 1/3 als freies Kreatin (Cr)
- Ca. 90% im Skelettmuskel gespeichert
- 5-10% im Herzmuskel, Gehirn, Hoden und andere Gewebe
- Kreatin befindet sich in JEDER menschlichen Zelle

## Kreatin – Umsatz und Zufuhr



### Kreatin Umsatz

normaler täglicher Umsatz:  
ca. 2% des Kreatin-Pools  
(ca. 3 g Kreatin geht täglich  
als *Kreatinin* verloren)

### Kreatin Zufuhr

- ca. 1-2g durch endogene Synthese
- der Rest (2-4 g) über Nahrung  
(hauptsächlich über Frischfleisch und Fisch  
oder durch Kreatin-Supplementation)

modifiziert nach T. Wallimann aus Vortrag: „Kreatin im Sport und Alltag“, Interlaken 2009

## KREATIN IN ORGANEN / ORGANSYSTEME

Unverzichtbar und essentiell zur Funktionserhaltung für

Skelettmuskulatur

Herzmuskel

Gehirn

Nerven- und Sinneszellen

Knochen

Knorpel

Haut

Immunzellen

Spermien

Literatur nachfolgend in Einzeldarstellung

## Kreatin in STATEMENTS – POSITIONEN 1

World Association Doping Agentur = Welt Antidoping Agentur = WADA:  
Bestrebungen, Kreatin auf die Verbotsliste unerlaubter, leistungssteigernder Mittel zu setzen.

Schweizerisches Bundesamt für Gesundheitswesen in Bern:  
Nach kritischer, zweijähriger Prüfung wurde Kreatin im August 1995 auf Grund gesundheitlicher Unbedenklichkeit, auch bei höherer Dosierung, als Nahrungsmittelzusatz zum allgemeinen Verzehr zugelassen.

Wissenschaftsrat der European Food Safety Authority, 2004:  
Die Sicherheit und Bioverfügbarkeit von reinem Kreatinmonohydrat in Lebensmitteln sind unbedenklich, sofern eine adäquate Kontrolle der Reinheit der Kreatinquelle im Hinblick auf Dicyandiamid und Dihydro-1,3,5-triazin-Derivate (toxische Nebenprodukte der Kreatinsynthese) erfolgt.

Communiqué des Internationalen Olympischen Komitees (IOC) vom 14.12.1998 in Lausanne:  
Es gibt keine objektiven Gründe, Kreatin auf die Dopingliste zu setzen. (Leistungs-) Sportlern ist die Einnahme von Kreatin als Nahrungsergänzung bzw. Nahrungsmittelzusatz zur „natürlichen Leistungssteigerung“ *uneingeschränkt* erlaubt! Kreatin ist weder Dopingmittel, noch Medikament!

European Food Safety Agency (EFSA)  
beurteilte bereits 2004 eine Ladedosis von 10-20 Gramm Kreatin während 7 Tagen als sog. „Ladephase“ und eine Erhaltungsdosis von 3 Gramm Kreatin pro Tag als unbedenklich.

## Kreatin in STATEMENTS – POSITIONEN 2

Positionspapier der International Society of Sports Nutrition (ISSN) (Kerksick et al., 2018)

Internationales Olympisches Komitee (IOC) (Maughan et al., 2018)

1. Kreatin-Monohydrat (KMH) gehört aufgrund zahlreicher evidenzbasierter Studien zu den wirksamsten leistungssteigernden und *antiermüdenden* Nahrungsergänzungsmitteln bei (hoch)intensiven (Intervall-) Belastungen - insbesondere in Sportsportarten (z.B. Fußball)
2. KMH-Einnahme ist nicht nur sicher, sondern auch nützlich in der Verletzungsprävention
3. Es gibt keinen wissenschaftlichen Nachweis, dass Kurz- und Langzeitverzehr von KMH schädlich ist
4. Ist Vorsicht und Kontrolle gewährleistet, ist Kreatin auch für junge Athleten sinnvoll und eine Alternative zu gefährlichen anabolen Steroiden
5. Kreatinprodukte gelten in USA als diätätisches Nahrungsergänzungsmittel und wird von der *U.S. Food and Drug Administration (FDA)* kontrolliert
6. Kreatin-Monohydrat hat einen potenziellen Nutzen bei vielen „klinischen“ Krankheiten – im Leistungssport im Verletzungsheilungsverlauf
7. Die schnellste, muskuläre Speichermethode von Kreatin scheint die Zufuhr von ~ 0,3g/kg/Tag über 7 Tage mit nachfolgend 3-5g/Tag zur Speichererhaltung; geringere Mengen (z.B. 2-3g/Tag) haben einen geringeren Leistungssteigerungseffekt
8. Die Kombination von Kreatin + Kohlenhydraten + Eiweiß scheint die muskuläre Speicherung von Kreatin zu erhöhen

Kerksick, C.M. et al.: Exercise & sports nutrition review update: Research & recommendations. J. Int. Soc. Sports Nutr., 15 (1):38, 2018

Maughan, R.J. et al.: IOC consensus statement: dietary supplements and the high performance athlete. Br. J. Sports Med., 52 (7), 439-455, 2018

Buford W, et al.: Journ.Int. Soc. Sport Nutr. 4:6, August 2007

## Beispiel **STUDIENFERNER VORURTEILE** im historischen Rückblick

Position höchster DLV-Funktionäre ( Deutscher Leichtathletikverband) zu Kreatin als Antwort auf einen Kreatin-Beitrag „*Mehr Energie für den Sprint*“.(Der Beitrag enthielt fundamentale u. bis heute in hunderten von Studien zweifelsfrei abgesicherte positive Informationen (erschieden in „Leichtathletik“, März, 2002).

„...in meiner achtjährigen Amtszeit als Präsident des Deutschen Leichtathletikverbandes ist es eines meiner wichtigsten Anliegen gewesen, die Athletinnen u. Athleten der DLV-Nationalmannschaft vor dem Gebrauch von Cr. zu warnen. Ich habe darauf hingewiesen, dass der DLV auf Erfolge von Athleten, die ihren Erfolg dem Gebrauch von Cr. zuschreiben, nicht stolz sein kann und darf.

Gemeinsam mit dem damaligen Vize-Präsidenten CLEMENS PROKOP habe ich mich bemüht, dass vom IOC und den medizinischen Kommissionen geprüft wird, ob Cr. auf die Liste der verbotenen Substanzen aufgenommen werden kann.

In einem workshop des DLV ... hatten der Vorsitzende der Anti-Doping-Kommission THEO ROUS und ich selbst gemeinsam mit unseren Verbandsärzten eine eindeutige Positionsbestimmung in Bezug auf den Cr.-Missbrauch vorgenommen“.

Gez. Prof. Dr. Helmut Digel, Tübingen unter dem Titel „*Akt der Unverfrorenheit*“ (in „Leichtathletik“, März 2002

## Beispiel STUDIENFERNER VORURTEILE im historischen Rückblick

Position höchster DLV-Funktionäre (Deutscher Leichtathletikverband) zu Kreatin als Antwort auf einen Kreatin-Beitrag „*Mehr Energie für den Sprint*“ ( In „Leichtathletik“, März, 2002).

„Mit Betroffenheit und Unverständnis habe ich diese Anzeige zur Werbung für das Nahrungsergänzungsmittel Cr. zur Kenntnis genommen...Eine solche unkritische Bewertung von Cr. konterkariert die Bemühungen des DLV, die nicht nur einem sauberen Sport, sondern vor allem auch dem Schutz des Athleten dienen.

Obwohl das Mittel nicht auf der Dopingliste steht, hat der DLV seine Athleten mehrfach nachdrücklich auf die Problematik und die Risiken bei der Einnahme von Cr. hingewiesen und vor möglichen Folgen gewarnt“.

Gez. Theo Rous, Vorsitzender der Anti-Doping-Kommission des DLV (Deutscher Leichtathletikverband) unter dem Titel „Dem Ansehen des DLV geschadet“ (In „Leichtathletik“, März 2002)

**Hinweis:** Die Richtigkeit und Gültigkeit der Inhalte und Informationen des anonymen Bezugsbeitrags entsprach bereits zu diesem Zeitpunkt 2002 der gesicherten praktischen und wissenschaftlichen Befundlage und konnte in seriöser Fachliteratur nachgelesen werden, was hier offensichtlich nicht erfolgte (H. Allmann)

# KREATIN

Anmerkungen von H. Allmann zu den Kreatin-Äußerungen von H. Digel und Th. Rous

Die Äußerungen von Prof. Dr. Digel und Theo Rous, sowie in der Meinungsgefolgschaft Clemens Prokop (mündlich beim „Runden Tisch“ des DLV am 27.04.1998) bzgl. der Supplementation von Kreatin im (Leistungs-)Sport **ohne Kenntnis der internationalen Befund- und Forschungslage** – zur damaligen Zeit in erheblichem Umfang verfügbar – ist in unerträglicher (!) Weise **unakademisch, unwissenschaftlich, arrogant und nicht zu überbieten peinlich!**  
Die Äußerungen beweisen die damalige **absolute Unkenntnis** über den Urteilsgegenstand Kreatin.

**Eine vorurteilsfreie und sachkritische, dem internationalen Wissensstand dieser Zeit in Sachen Kreatin entsprechende Stellungnahme wäre angemessener gewesen als eine offensichtlich sachunkundige und verbotsfordernde Positionierung!**

Horst Allmann

### Physiologische Funktion u. Wirkung des Kreatin-Kinase / Phospho-Kreatin-Systems als Energie-Puffer und Energie-Transport-System

- Bei relativ kurzdauernden sub-/maximalen (Intervall-)Belastungen (z.B. Fußball) haben die energiereichen Phosphate in Form des *Adenosintriphosphats (ATP)* als Energieüberträger auf die kontraktilen Proteine und damit auf die Muskelkontraktion eine zentrale Bedeutung.
- Durch die Muskelkontraktion und die in das Sarkoplasma eintretenden Kalzium-Ionen wird das ATP als schnell zu mobilisierender muskulärer Energiespeicher durch Verlust einer Phosphatgruppe zu *Adenosindiphosphat (ADP) + Phosphat* molekular umgebaut.
- Da der ATP-Vorrat des kontrahierenden Muskels nur für wenige Kontraktionen ausreicht (bei starken Muskelbeanspruchungen 1-3 Kontraktionen bzw. 1-2 sec Arbeitsdauer) bedarf es zur weiteren Erhaltung der Muskelkontraktion den Energie-Transport-speicher *Kreatinphosphat (PCr)*, das den durch Muskelkontraktion entladenen ATP-Speicher (ATP zu ADP) mit seinem energie-reichen Phosphatrest schnell wieder aufzufüllen vermag ( $ADP + PCr = ATP + Cr$  = LOHMANNsche Reaktion). Damit werden neben dem sofort aber nur gering verfügbaren ATP das Kreatin (Cr) und Kreatinphosphat (PCr) die bedeutendsten anaerob-alaktaziden Kurzzeit-Energiequellen als *energetische* Voraussetzung einer hohen körperlichen wie auch mental-kognitiven Leistungsfähigkeit.
- Diese Auffüllung erfolgt bereits schon während der Erschlaffung. Somit erhält die muskuläre Lockerheit besonders in den Sprintphasen (Wettkampf und Training) nicht nur ihre Bedeutung für die intermuskuläre Koordination, sondern auch phosphatstoff-wechelspezifisch die Möglichkeit, nach hohen Muskelkontraktionen durch eine entspannte, lockere Muskulatur eine bessere ATP-Speicherauffüllung durch die Reaktion von ADP (nach ATP-Abbau) und Kreatinphosphat zu erreichen.
- *Der Zerfall von ATP in ADP + Phosphat ist die Grundlage für die Muskelkontraktion und Muskeler Schlaffung.* Der Abbau von ATP zu ADP lässt die notwendigen Energiemengen für das kontraktile Protein und die Zellatmung freierwerden.
- Die arbeitsbedingte Verringerung des PCr ist mitverantwortlich für Ermüdungs- und Erschöpfungserscheinungen.
- Krafttraining – besonders Maximalkrafttraining – vergrößert vornehmlich in biochemischer Hinsicht den Kreatinphosphatgehalt in einer Größenordnung von 20-75% (Yampolskaya et al., 1952). Gleichzeitig werden der ATP-Gehalt sowie die Aktivität der zugehörigen Enzyme erhöht (Jakowlew, 1958). Diese biochemischen Veränderungen durch Krafttraining ermöglichen für schnelle Sprintläufe eine höhere Energiefreisetzung und eine spätere Aktivierung der Glykolyse mit geringeren Laktatwerten. Bei Sprintläufen werden zuerst das Glykogen der schnellen Muskelfasern aufgebraucht – besonders bei Bergaufläufen.

Kernaussage zur Bedeutung des Phospho-Kreatin-Systems als Energie-Puffer zur Erhaltung der Muskelkontraktion.

**Kreatin (Cr)** und **Kreatinphosphat (PCr)** sind neben dem sofort, aber nur gering verfügbaren, **Adenosintriphosphat (ATP)** die bedeutendste anaerob-alaktazide Energiequelle bei kurzfristigen maximalen und submaximalen muskulären Belastungen als *energetische* Voraussetzung einer hohen körperlichen wie auch mental-kognitiven Leistungsfähigkeit.

Hinweise:

1. Molekulare Strukturen von ATP, ADP, Kreatin, Kreatinphosphat siehe Folie 35
2. Terminologie: In der Fachliteratur finden sich folgende Begriffsidentitäten:  
Phospho-Kreatin-Shuttle = Kreatin-Phosphat-Shuttle  
Kreatinphosphat (PCr) = Phosphokreatin (PCr)



## Mitochondrium

„Kraftwerk“  
der Muskelzelle

Aerobe ATP-Energie Produktion  
mittels Fettsäure-Oxidation

## Mitochondrium (griech. „Faden“, „Korn)

### Schematische Darstellung



Bohnen-/ fadenförmiges Zellorgan bes. in Muskelzellen mit  $\varnothing = 0,5 - 1,5\mu\text{m}$ .

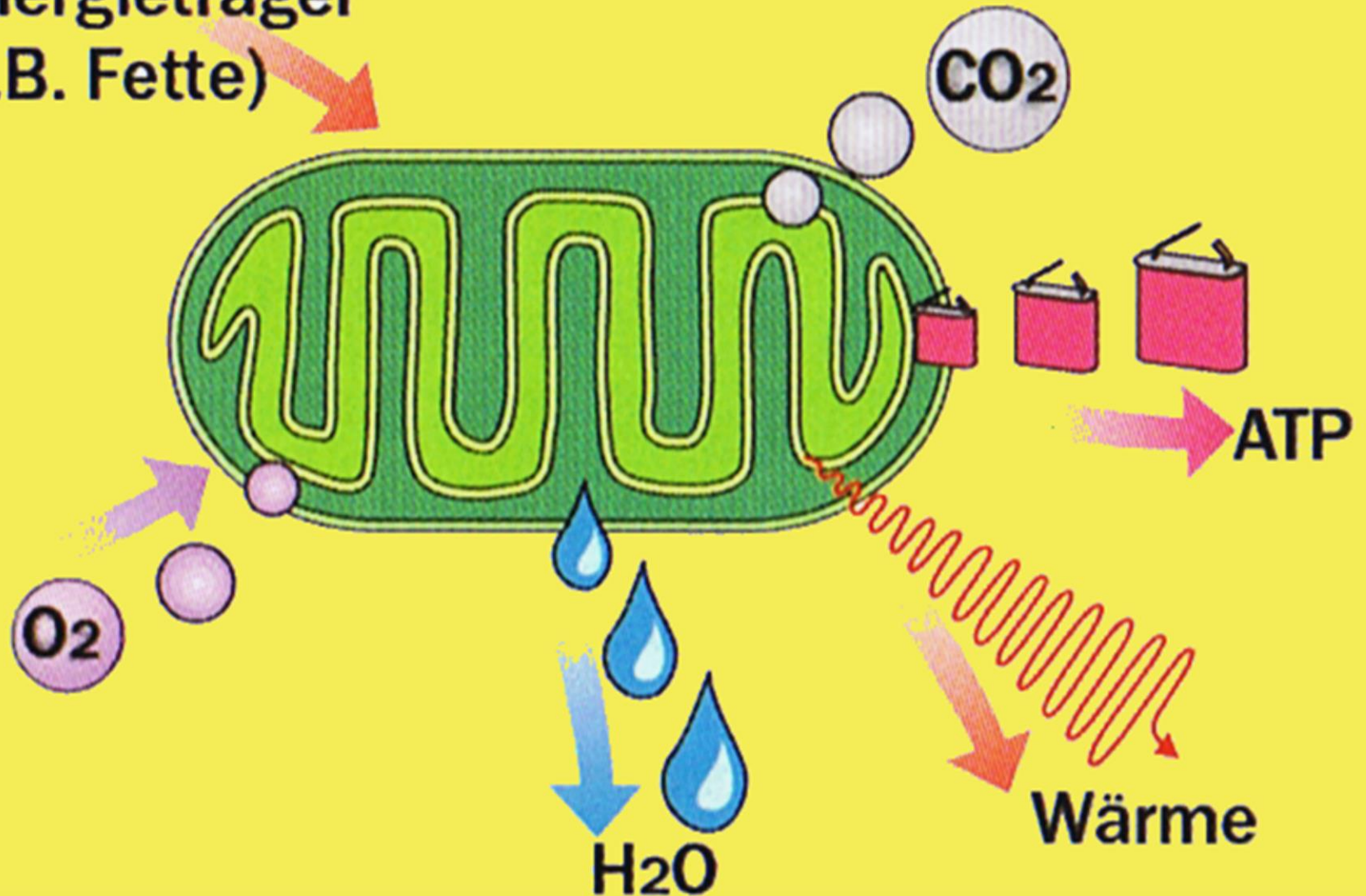
Anzahl der Mitochondrien ist energiebedarfsabhängig; ausdauertrainierte Muskeln haben vermehrt viele und große Mitochondrien mit verbesserter Energieversorgung.

Mit der Produktion des energiereichen Moleküls ATP durch aerobe Fettsäureoxidation werden die Mitochondrien zu energieliefernden „**Kraftwerken**“ der Muskelzelle.

ATP (Adenosintriphosphat) übergibt je 1 energiereiche Phosphatgruppe via Kreatinkinase an 1 Kreatin-Molekül; dieses resynthetisiert das durch Muskelkontraktion (Fibrillen) entstandene ADP-Molekül (Adenosindiphosphat) wieder zum energiereichen ATP durch Phosphat-Übergabe an ADP (Kreatin-Phosphat-Shuttle)

Vereinfachte Darstellung der aeroben Energiebereitstellung über die Mitochondrien, den „Kraftwerken“ der Muskelzelle

**Energieträger  
(z.B. Fette)**



## Mitochondrien – L-Carnitin – Adenosintriphosphat (ATP)

Das in den **Mitochondrien** hergestellte energiereiche Molekül Adenosintriphosphat (ATP) entsteht durch Beta-Oxidation, Zitratzyklus und Atmungskette langkettiger Fettsäuren, die nur gebunden an **L-Carnitin** durch die Mitochondrienmembran transportiert werden können.

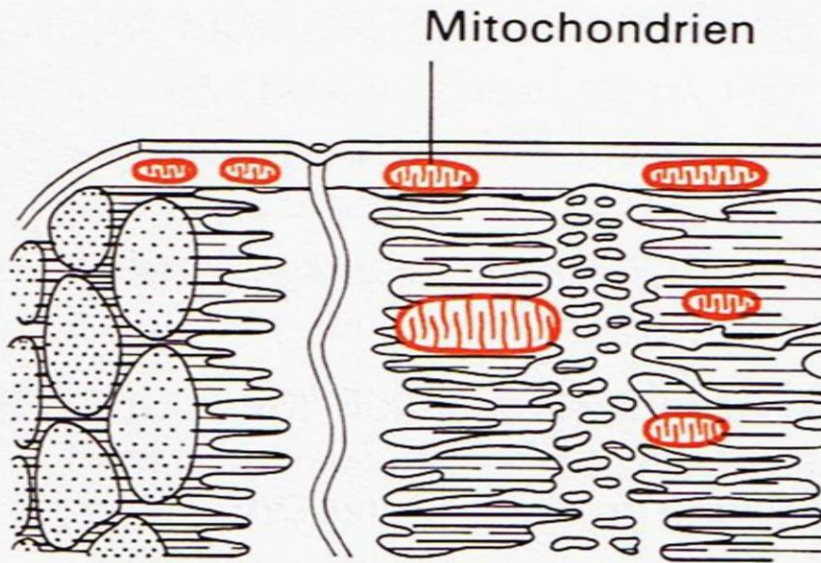
**L-Carnitin** ist eine natürliche Substanz aus den Aminosäuren **Lysin** und **Methionin** und fungiert als Rezeptor- und Transportmolekül für langkettige Fettsäuren.

Der Körper enthält ca. 20-25g L-Carnitin. Ein kleiner Teil entsteht aus körpereigener Synthese, wenn Vitamin C, B6, Niacin und Eisen ausreichend vorhanden; der größte Anteil wird über die Nahrung (z.B. rotes Fleisch) aufgenommen. Vegetarische und vegane Kost enthält wenig bis kein L-Carnitin.

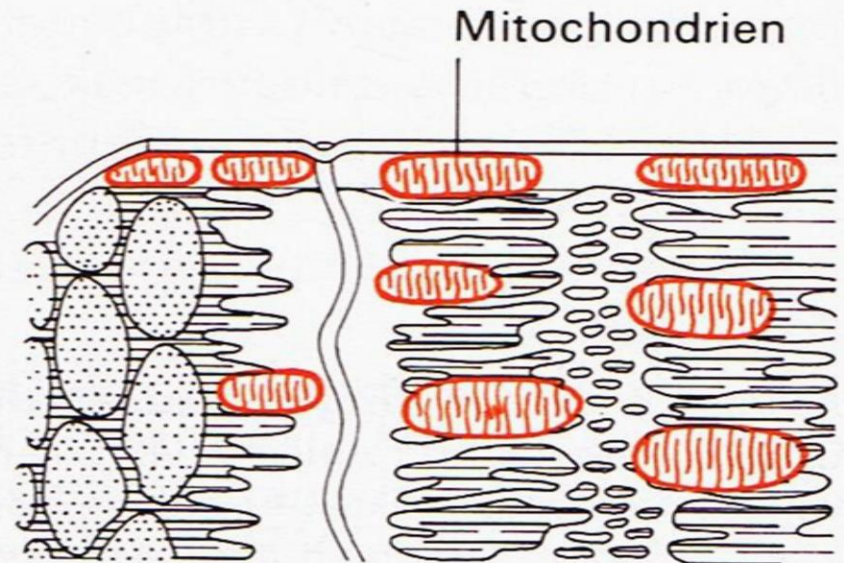
In Herz- und Skelettmuskulatur sind 98% der Reserven gespeichert.

## Mitochondrien in untrainierter und ausdauertrainierter Muskulatur

bohnen.-/ kugelförmige spezielle Zellorgane (Organelle) in Muskel-, Nerven- und Sinneszellen;  
Ø 0,5 – 1,5µm als muskelzellulärer Ort der Produktion der aeroben Energie Adenosintriphosphat (ATP).



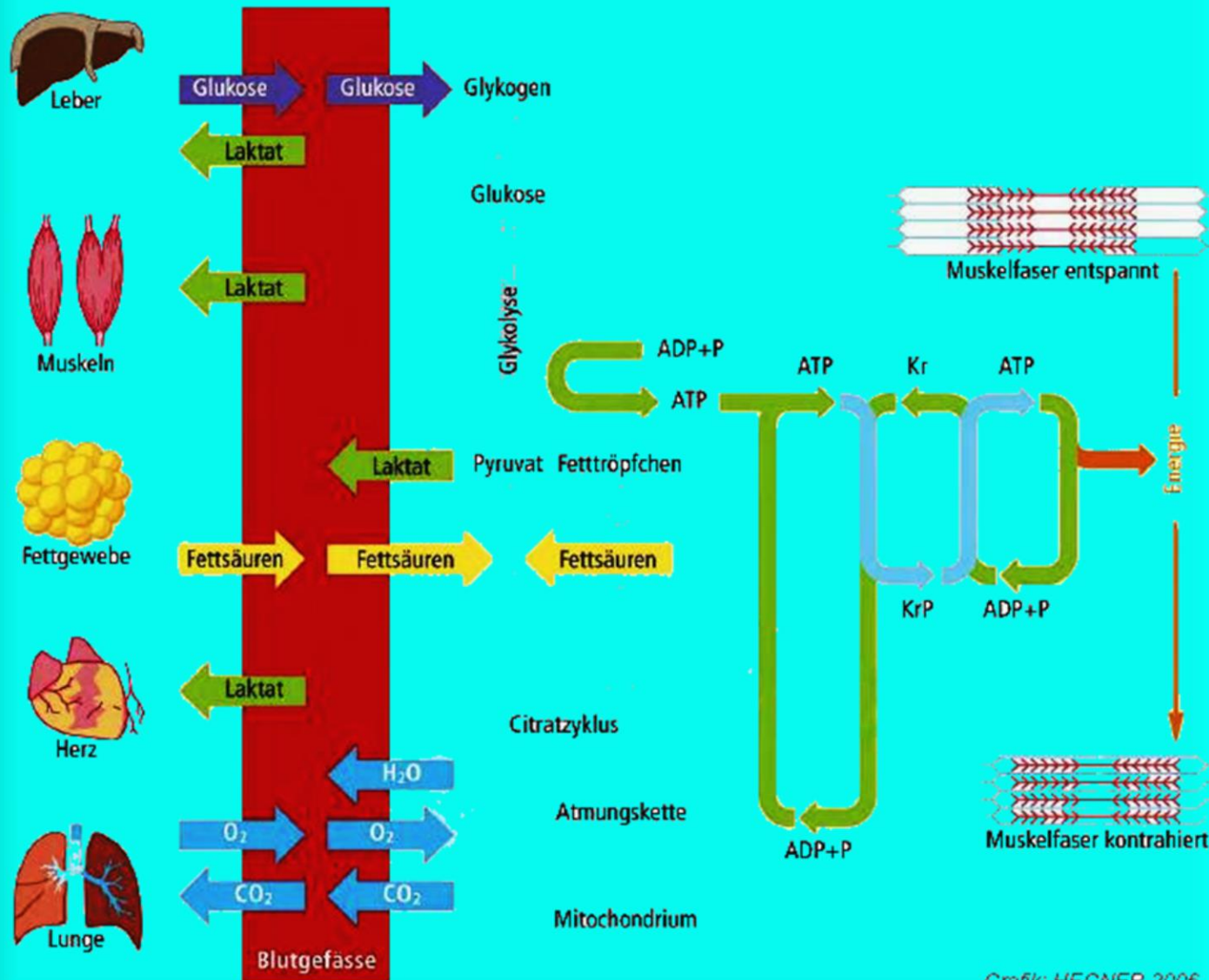
untrainierte Muskulatur



ausdauertrainierte Muskulatur

In ausdauertrainierter Muskulatur ist die Anzahl und Größe der Mitochondrien (= „Kraftwerke“ der Muskelzelle) und somit die Kapazität der aeroben Energiebereitstellung größer gegenüber un-/gering trainierter Muskulatur.

# Energiebereitstellung – ATP Produktion



Grafik: HEGNER 2006

**ATP** ist die einzige, direkt verwertbare Energie bei der Muskelkontraktion.

Die **Mitochondrien** sind die Kraftwerke für die ATP-Produktion aus Kreatinphosphat (CrP), Glucose u. Fettsäuren.

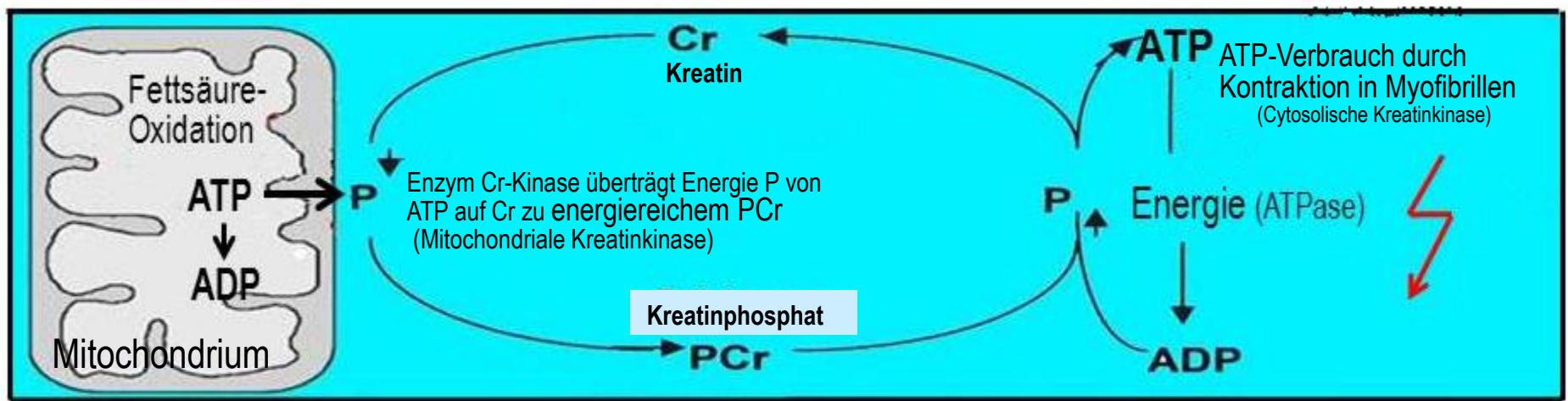
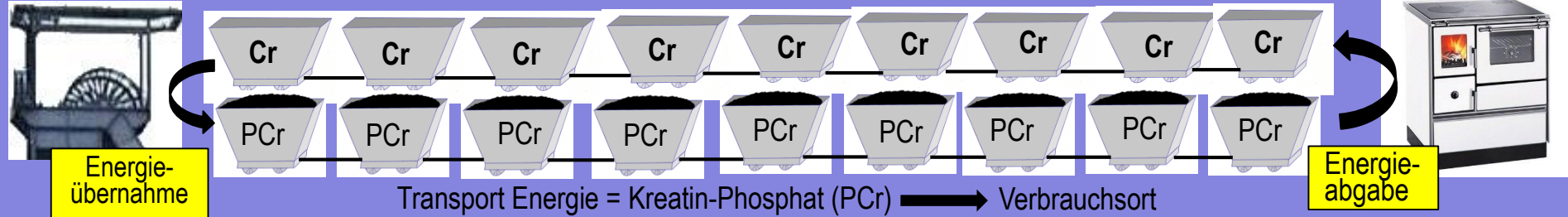
**Laktat** wird in der Leber (mittels Sauerstoff) wieder zu Glykogen aufgebaut - ist also kein Abfallprodukt.

## Kreatin-/ Phospho-Kreatin-Shuttle

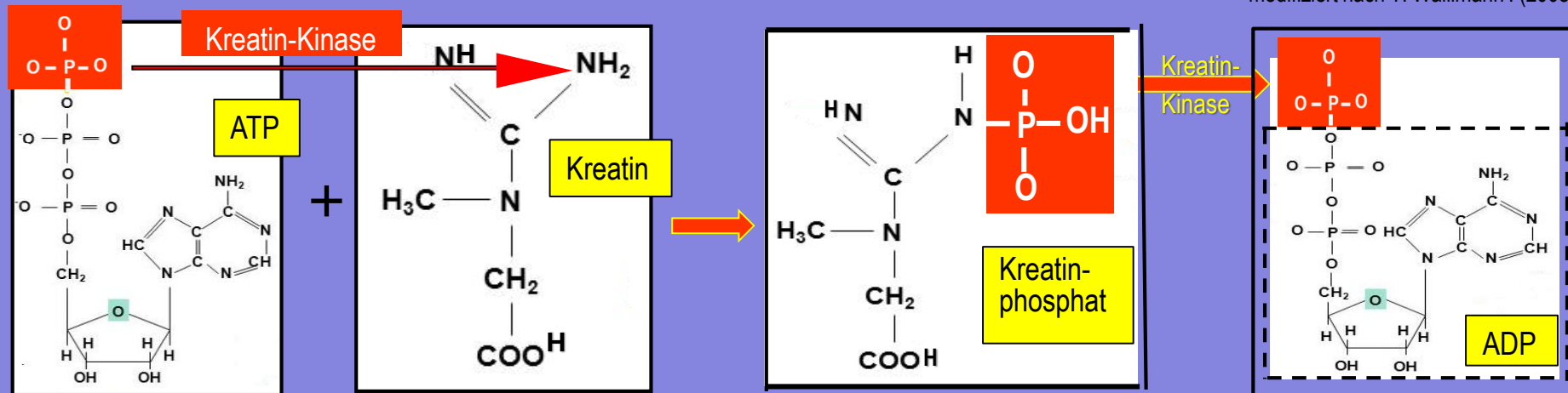
Physiologische Funktion, Struktur und Wirkung des Kreatin-Kinase / Phospho-Kreatin-Systems als Energie-Puffer und Energie-Transport-System

# Kreatin-Phosphat-Shuttle - Erklärungsmodell

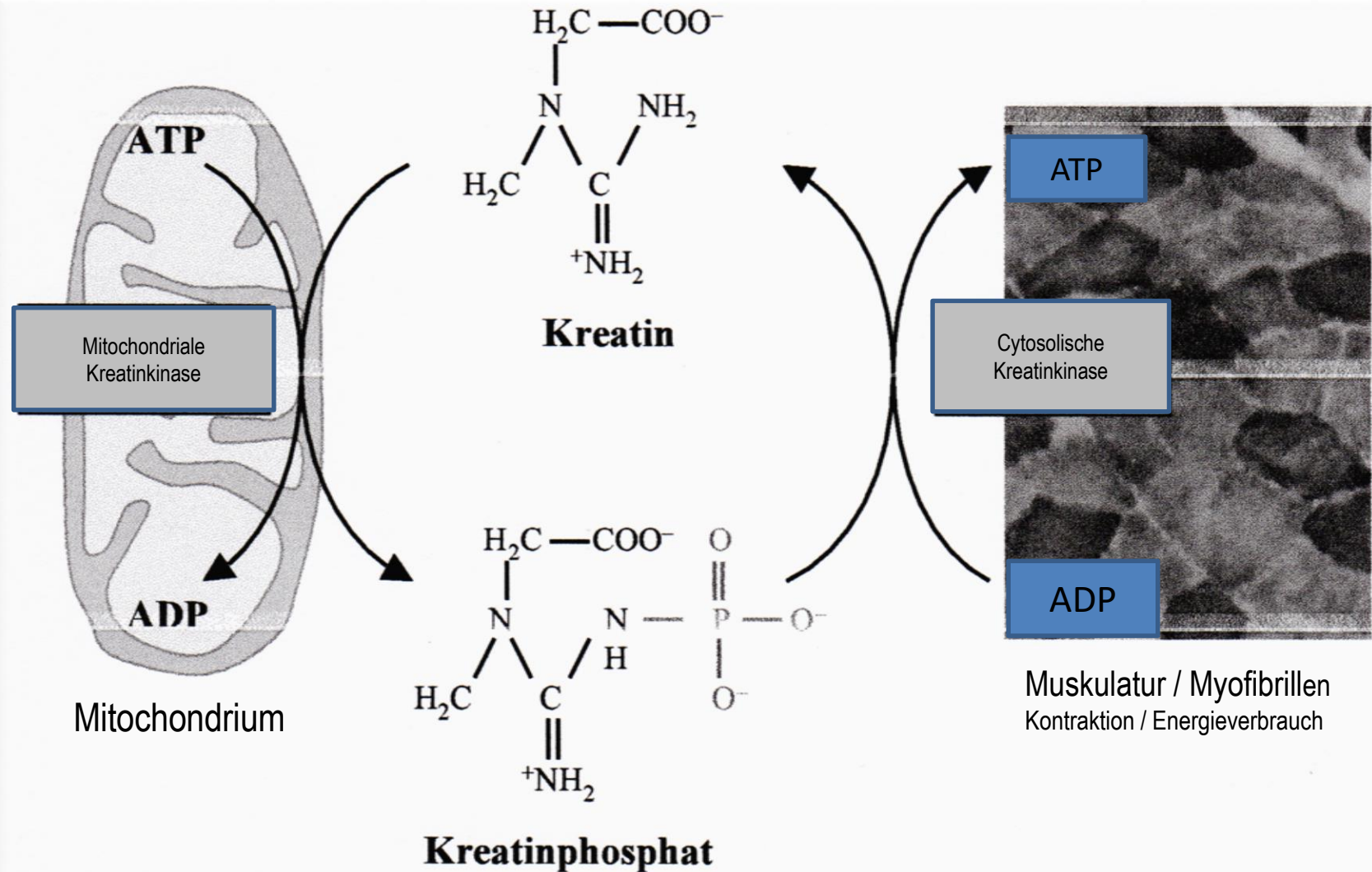
Herstellungsort  $\leftarrow$  Leere „Kohletransporter“ ohne Energie = Kreatin (Cr)



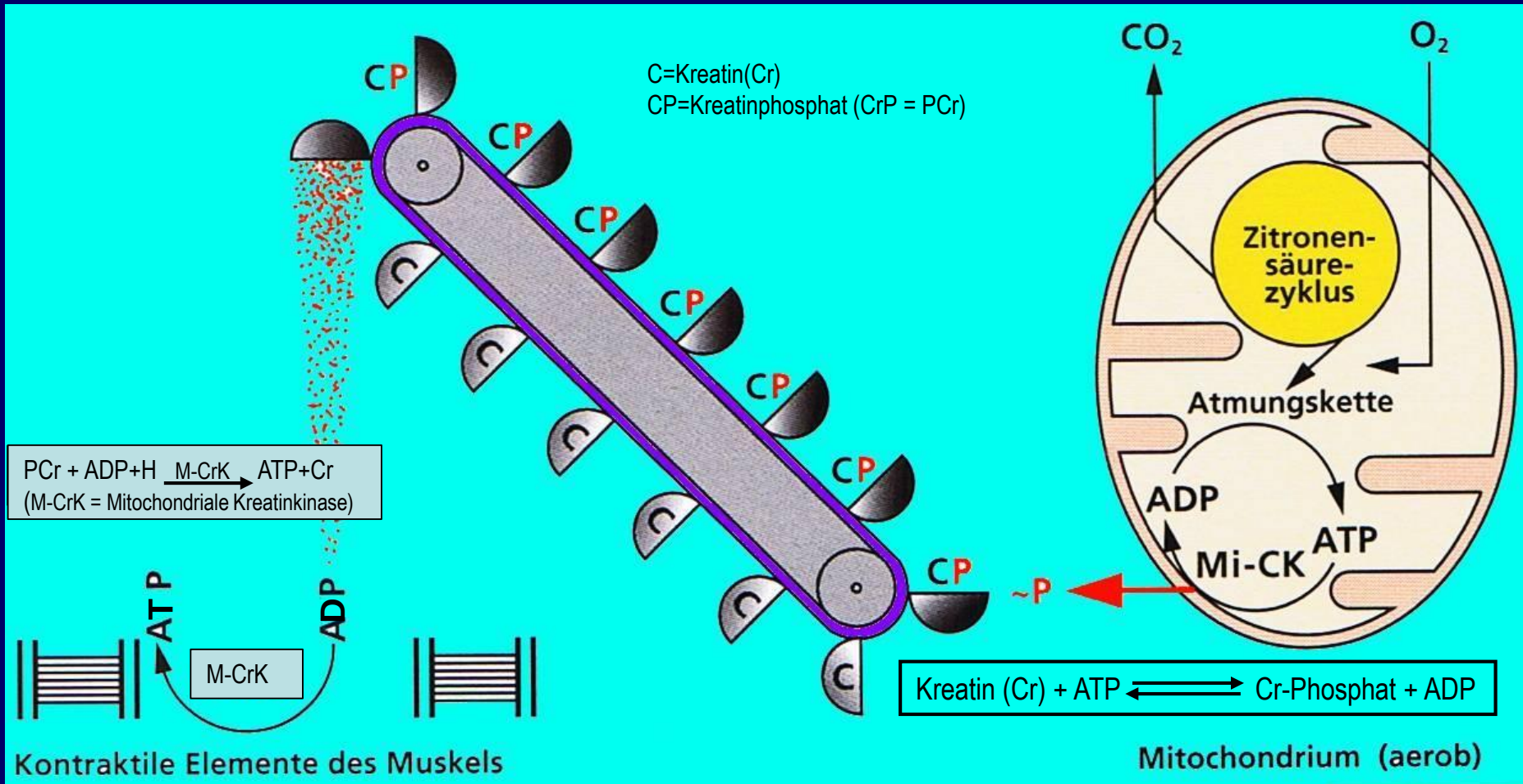
modifiziert nach T. Wallimann . (2008)



## Kreatin-Phosphat-Shuttle

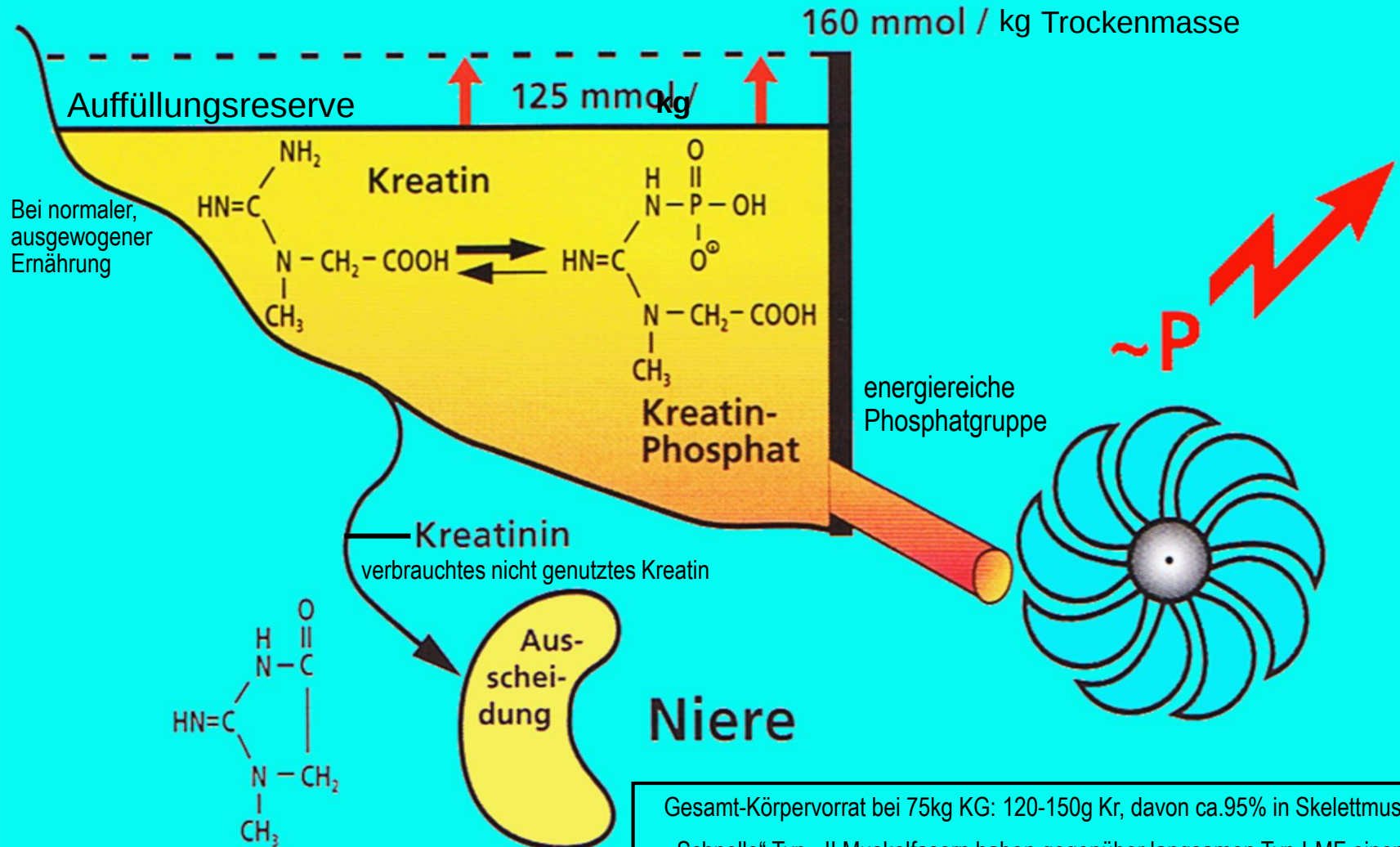


# Kreatin-Phosphat-Shuttle



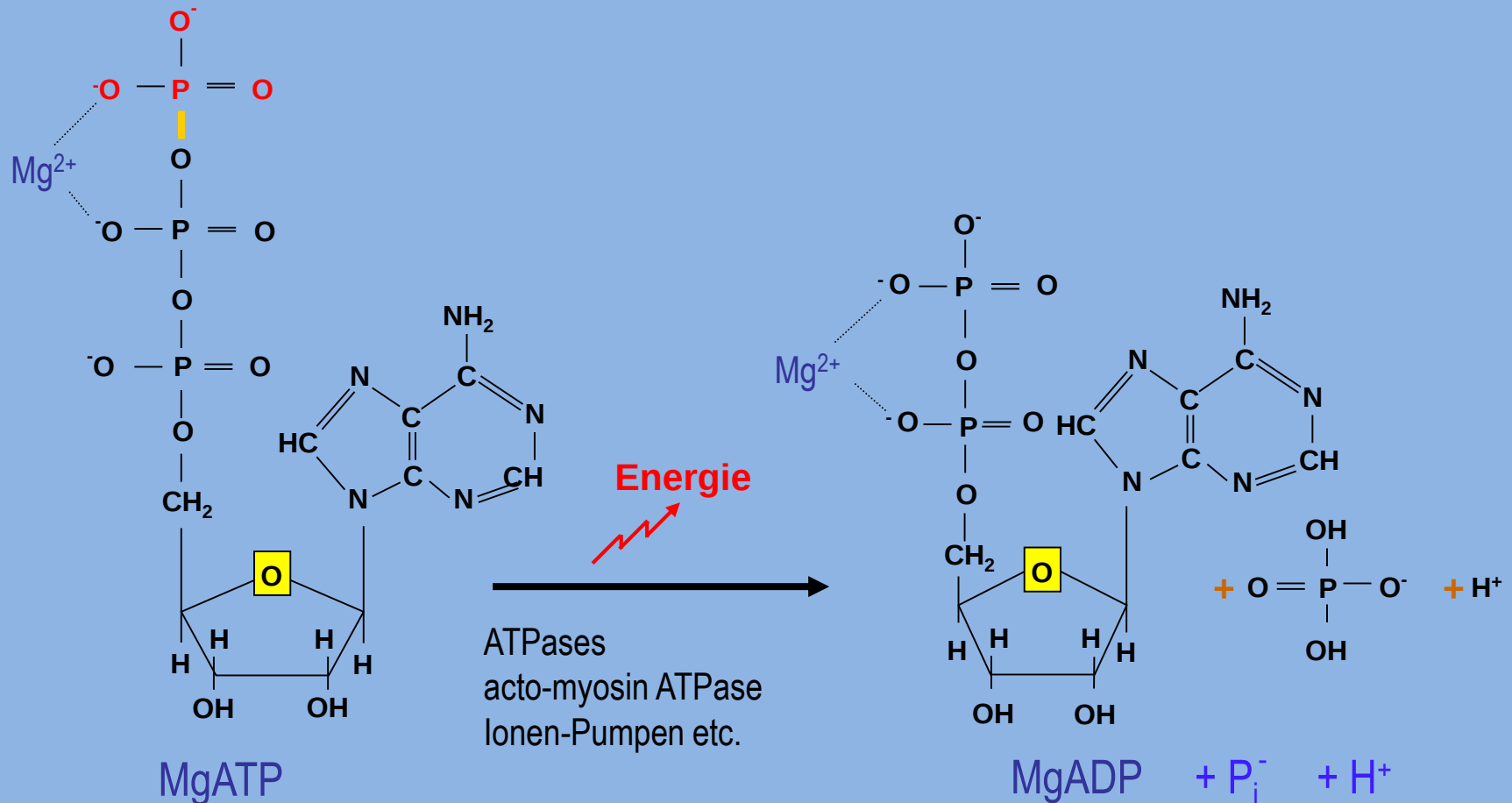
1. Aerob im Mitochondrium gebildetes ATP übergibt eine energiereiche Phosphatgruppe an Cr zu Cr-Phosphat (PCr)
2. Das energiereiche PCr wird an energieverbrauchende Zellen transportiert, z.B. an kontraktile Elemente des Muskels, wo PCr via Enzym Muskelkreatinkinase (M-CrK) die Phosphatgruppe P an ADP zu energiereichem ATP übergibt u. somit resynthetisiert.
3. Je mehr Cr im Muskel gespeichert, desto mehr Energie wird via PCr gespeichert und transportiert für hohe Leistung

## Kreatin / Kreatin-Phosphatspiegel im Muskel



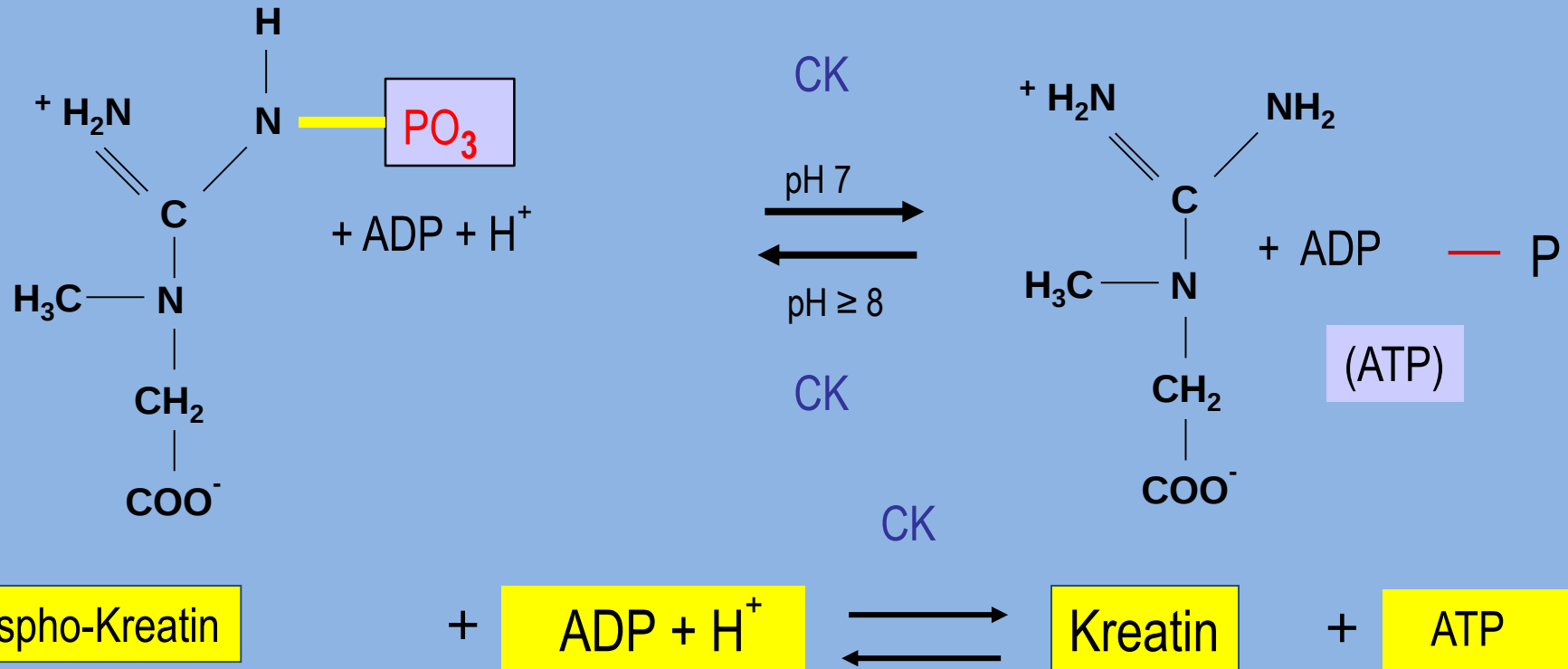
Gesamt-Körpervorrat bei 75kg KG: 120-150g Kr, davon ca.95% in Skelettmuskeln  
„Schnelle“ Typ –II Muskelfasern haben gegenüber langsamen Typ I-MF einen deutlich höheren Gehalt an Cr + PCr (bis 50 mmol/kg)

# Mg-ATP als die universelle Energie-Währung in lebenden Zellen



— "energiereiche" Phosphat-Bindung ca. 7.4 kcal/Mol

## Die Kreatin-Kinase (CK) Reaktion



- "energiereiche" Phosphorylierungs-Bindung, ca. 12 kcal/Mol
- "energiereiche" Phosphat-Bindung, ca. 7.4 kcal/Mol

# Der Kreatin-Phosphat-Shuttle = Phospho-Kreatin-Shuttle

Abb.1: Vereinfachte Darstellung

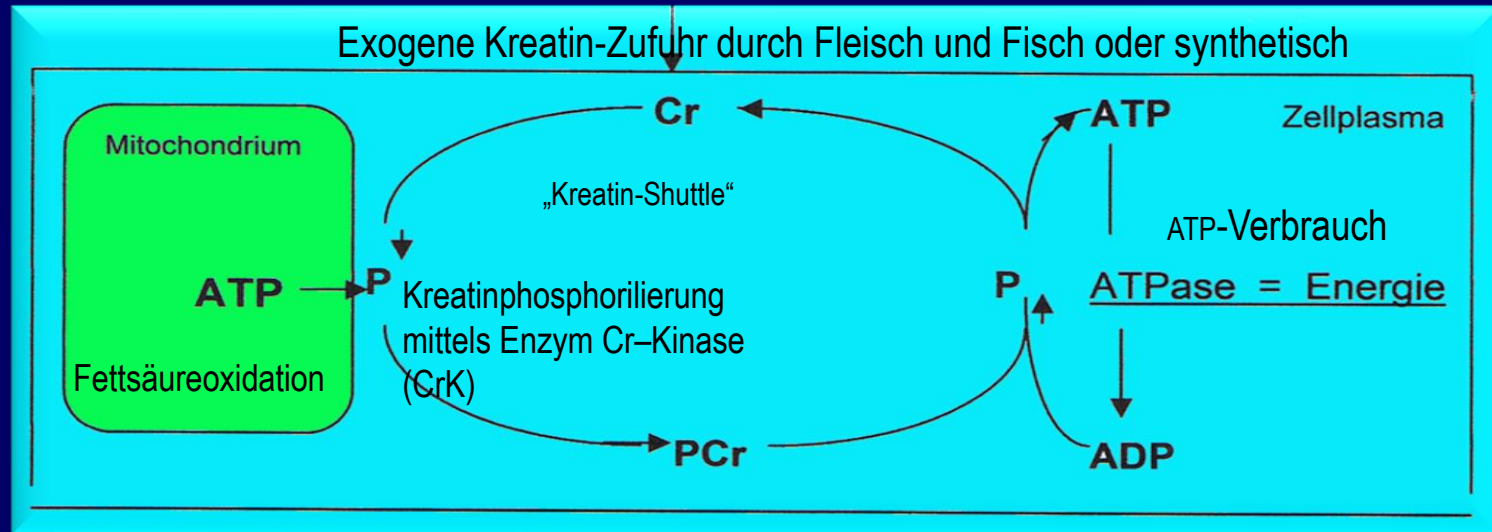
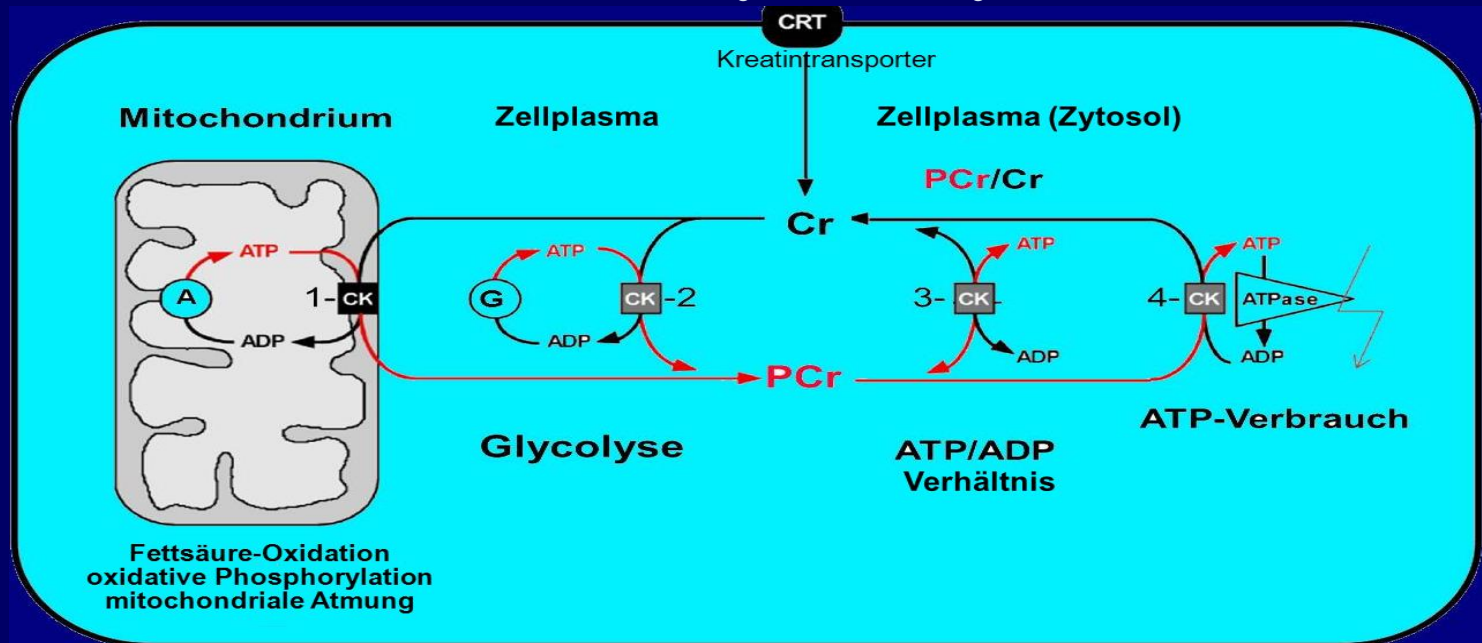


Abb. 2: Siehe nachfolgende Erläuterungen



## Der Phospho-Kreatin (PCr) Shuttle

### Das Kreatin-Kinase-/Phospho-Kreatin-System als Energiepuffer und Energie-Shuttle

#### Erläuterungen zu Abb. 1 und 2

Zu Abb.1 und 2: Symbolische Muskel- oder Nervenzelle (schwarze Umrandung=Zellmembran) mit Mitochondrium (zelluläre Energie-“Fabrik“) und dem Zytosol (=Zellplasma); Zellkern ist nicht dargestellt.

Die Zelle zeigt den Ort der verschiedenen Isoformen der Kreatin-Kinase (CK), wo Energie in Form von ATP produziert wird: Mitochondrien (A): ATP durch Fettverbrennung; Zytosol (Zellplasma): ATP-Produktion durch Glykolyse (G).

Alle Zellen brauchen ATP als Energie; bei sehr kleinem ATP-Pool muss ATP nach Verbrauch metabolisch regeneriert werden. Kreatin (Cr) nimmt z.B. aus dem Mitochondrium mit Hilfe des Enzyms Kreatin-Kinase (CrK) eine Phosphatgruppe P von ATP zum energiereichen Phospho-Kreatin (PCr) auf, das wiederum die Phosphatgruppe P an ADP bzw. AMP überträgt und ATP als Hauptenergielieferant für alle Zellen **regeneriert**. Das „freie“ Cr geht wieder in den beschriebenen Kreislauf (Kreatin-Shuttle) ein. Dies erklärt nur einen Teil des CrK / PCr-Systems!

In der Zelle gibt es 2 Isoformen der Kreatin-Kinase (CK): mitochondriale CK (1-CK) + zytosolische CK (2-CK). Diese übernehmen das ATP und übertragen dessen Energie auf das Kreatin mit Bildung des energiereichen Phospho-Kreatins (PCr), welches den zellulären Energiepuffer auffüllt.

Kreatin-Kinase (CK) ist auch überall dort lokalisiert, wo Energie als ATP verbraucht wird (4-CK); dort wird ATP via PCr mittels dieser CK direkt „vor Ort“ regeneriert

Eine lösliche CK (3-CK) im Zellplasma sorgt für das entsprechende PCr/Cr und ATP/ADP Verhältnis / Gleichgewicht für die Funktion der ATP-spaltenden Enzyme.

Die schematische Darstellung zeigt, dass nicht das ATP von den Orten der Herstellung in den Mitochondrien (A) oder der Glykolyse (G) zu den Orten des ATP-Verbrauchs (ATPase) transportiert wird, sondern das kleinere, weniger geladene PCr dient als Energietransportmolekül und zusammen mit Kreatin (Cr) als PCr / Cr-Shuttle funktioniert.

Verbraucht eine Zelle viel Energie, bzw. wird vermehrt ATP an Myofibrillen gespalten, wird ATP auf Kosten des größeren PCr-Pools konstant gehalten und so die ATP-Konzentration gepuffert.

Die limitierte Diffundierbarkeit von ATP von den Herstellungsorten Mitochondrien (A) und Glykolyse (G) zu den Verbrauchsorten (ATPase) wird durch den Energietransport-Shuttle aus PCr und Cr als Energieträger kompensiert; nicht das ATP diffundiert von den Herstellungsorten an die Orte des Energieverbrauchs, sondern das PCr.

Nicht das ADP kehrt zu G oder A zurück, sondern das leicht diffundierende Cr, wo es zu PCr energetisch aufgeladen wird u. als intrazellulärer Energietransport-Shuttle wirkt.

Die Energieproduktion in den Mitochondrien (ATP) und der Energietransport aus denselben mittels PCr via CK und Cr ergibt die „mitochondriale Atmung“ mit ATP-Stimulation in den Mitochondrien.

PCr ist ein „Shuttle“ von energiereichen Phosphaten von Mitochondrien zu den Myofibrillen.

Cr kann anfangs nicht völlig rephosphoryliert werden mit zunehmendem PCr-Abfall im Zytosol (anaerobe Phase: Muskelzelle versucht, den ATP-Bedarf z.T. via anaerobe Glykolyse zu decken)

Durch Enzymaktivierung und verbesserter Sauerstoffzufuhr durch gesteigerte Durchblutung wird mehr ATP zur Phosphorylierung von Cr bereitgestellt u. es kommt zu einem Gleichgewichtszustand. Die Zeitkonstante des Umschlages vom PCr-Abfalls zum Gleichgewichtszustand beträgt bei gesunden Menschen 30-60 sec und korreliert mit Erhöhung des Blutflusses in den zuführenden Arterien.

## Zusammenfassende Übersicht

Kreatin ist als körpereigene Substanz keine Energie, sondern ein **Transport- und Speichermolekül für Energie** in der Zelle; Cr enthält keine kcal/kJ u. gelangt unverändert in die Zelle.

Cr ist **stoffwechselneutral** u. greift nicht aktiv in den Primärmetabolismus des Körpers ein; deshalb gibt es auch keine ernsthaften Nebenwirkungen.

Ein **Feedback-Mechanismus** verhindert bei vollem Kreatinspeicher eine weitere Cr-Aufnahme; zu viel eingenommenes Cr wird ungenutzt als Kreatinin ausgeschieden.

Je mehr Cr in den Zellen u. je höher der Cr-Spiegel im Körper, desto mehr kann Energie transportiert und gespeichert; großer Energiebedarf kann nachhaltig durch schnellere Neubildung von PCr u. ATP ausgeglichen werden. Der Organismus wird deutlich leistungsfähiger.

PCr übernimmt bei größerem Energiebedarf die **Pufferfunktion** und kann Energie nicht nur speichern, sondern auch zum Verbrauchsort transportieren. Das gleiche Cr-Molekül transportiert unzählige Male via **Kreatin-Shuttle** eine Phosphatgruppe u. gibt sie als Energie weiter.

Die universelle Energiewährung aller lebenden Zellen heißt ATP; ihre Menge bleibt relativ stabil, was durch ausreichend Cr und PCr garantiert wird.

Cr gelangt durch Cr-Transporter NaCl (+Wassereinzug) in die Muskelzelle.

Alle Zellen brauchen ATP (Adenosintriphosphat) als Sofortenergie und **universelle Energiewährung**; ATP-Reserve ist sehr begrenzt.

Bei Muskelarbeit verliert ATP enzymatisch eine seiner 3 Phosphatgruppen, dabei wird Energie freigesetzt und ATP wird zu ADP (mit 2 Phosphatgruppen).

Cr übernimmt am Produktionsort von ATP (überwiegend **Mitochondrien** in der Muskulatur durch Fettverbrennung) u. durch Glykolyse) eine energiereiche Phosphatgruppe u. wird zum energiereichen **Kreatinphosphat (PCr)** aufgeladen.

PCr transportiert die übernommene Phosphatgruppe als Energie zum Ort des Verbrauchs (hier: Muskulatur) u. übergibt sie an ADP zu ATP; das verbrauchte ATP ist als energiereiche Sofortenergie wiederhergestellt.

Dasselbe Cr-Molekül transportiert unzählige Male via **Cr/PCr-Shuttle** eine Phosphatgruppe vom Produktionsort als Energie zu verbrauchtem ATP.

## Erkenntnisse aus Kreatin -Phosphat-Shuttle

Kreatin enthält als körpereigene Substanz **keine Energie**, sondern ist ein **Transport- und Speichermolekül** für Energie in der (Muskel) Zelle und ist somit Energiespeicher u. Energietransporter zwischen den Mitochondrien und dem Energieverbrauchsort. Aerob im Mitochondrium gebildetes ATP übergibt mittels Enzym Kreatinkinase in der **Erholungsphase nach Belastung** eine energiereiche Phosphatgruppe an Cr zu Cr-Phosphat (PCr).

Dasselbe Cr-Molekül transportiert unzählige Male als **Kreatin-Shuttle** eine energiereiche Phosphatgruppe vom Produktionsort zum verbrauchten ATP (=ADP) in der Muskulatur und spielt so eine stabilisierende Rolle im Zellstoffwechsel und Energiehaushalt.

Bei Muskelarbeit verliert ATP in den kontraktilen Elementen des Muskels enzymatisch eine seiner 3 Phosphatgruppen, wobei **Energie freigesetzt** wird und PCr mittels Enzym Muskel-Kreatinkinase (M-CK) die Phosphatgruppe P an ADP (mit 2 Phosphatgruppen) zu energiereichem ATP übergibt und somit resynthetisiert.

Das Gleichgewicht der Kreatinkinase-reaktion sorgt in der Zelle auch unter Belastung und Sauerstoffmangel für einen konstanten ATP-Spiegel. Die Rephosphorylierung des Kreatins zu Kreatinphosphat erfolgt in der *Erholungsphase nach Belastung*.

Ein Feedback-Mechanismus verhindert bei vollem Kreatinspeicher eine weitere Cr-Aufnahme; zu viel eingenommenes Cr wird ungenutzt via *Urin und Niere als Kreatinin* ausgeschieden.

**Je mehr Cr im Muskel gespeichert, desto mehr Energie kann bei großem Energiebedarf mittels PCr für eine hohe körperliche und mentale Leistung transportiert und gespeichert werden. Durch intensive Muskelkontraktionen verbrauchtes ATP (Sofortenergie) wird schneller wiederhergestellt.**

**Folge: z.T. deutliche Steigerung der Schnellkraft, Schnelligkeits- und Ausdauerleistung.**

KREATIN als

# Substitution

Ersatz im Übermaß verlorener bzw. verbrauchter Stoffe

als auch

# Supplementation

Erhöhtes Angebot über den Normalbedarf als präventive oder leistungssteigernde Maßnahme

# KREATIN

Die Wirkung einer **Kreatin-Supplementation** zur *körperlich-morphologischen* Leistungsentwicklung zeigt sich in zahlreichen Untersuchungen für verschiedene Sportarten



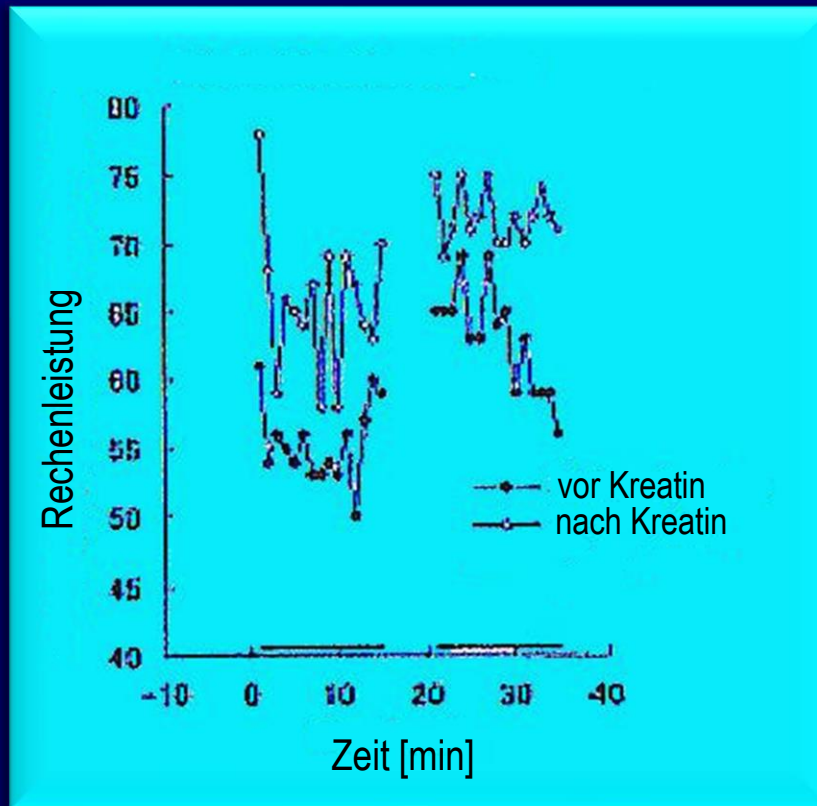
Kreatin hat eine  
**athletisierende** Wirkung

Steigerung der **Muskelkraft**  
Steigerung der **Schnellkraft**  
Steigerung der **Muskelmasse**  
Erhöhung der **fettfreien Körpermasse**

Erhöhung der **Ausdauerleistung**  
Steigerung der **Erholungsfähigkeit**  
Schnellere **Reparatur von Muskelschäden**

## Kreatin und Rechen-Konzentrationstest

15-minütiger Serien-Rechentest; Studie doppelblind u. placebokontrolliert; hier Einzelfall-Beispiel



Testergebnis ähnlich bei Menschen aller Altersgruppen

Watanabe A, Nobumosa K & Tadafumi K: In: Neuroscience Research 42 (2002)

Rechenleistung einer Probandin (20 Jahre), gemessen in jeder Minute, gefolgt von 15-minütiger Pause. Danach ein zweiter, ähnlicher Test. Beide Tests ohne Kreatin und nach **5-tägiger Einnahme von 8 g Kreatin/Tag**.

### Ergebnis:

Rechenleistung bzw. Konzentrations- u. Merkfähigkeit ist nach Kreatineinnahme (obere Kurven) zu jedem Kontrollzeitpunkt besser als vor Kreatineinnahme (untere Kurven). Im 2. Test bleibt Rechenleistung nach Kreatin vs. ohne Kreatin konstant (verringerte mentale Ermüdung). Infrarot-Spektroskopie zeigte eine Verbesserung des Sauerstoffverbrauchs in den entsprechenden Gehirnregionen.

## Wirkung von Kreatin auf Gehirn, Nerven- und Sinneszellen

1. Kreatinkinase (CK), Kreatin (Cr) u. Phospho-Kreatin (PCr) sind in Hirn- und Nervenzellen relativ hoch konzentriert, bes. in den für Bewegungskoordination (Purkinje-Zellen im Kleinhirn), sowie für Lernen und Gedächtnis (Pyramidalzellen des Hippocampus) zuständigen Zellen (Kaldis et al., 1996).
2. Kreatin hat eine wichtige Rolle für die Energetik der Gehirnfunktionen und deren Gehirnleistungen, sowie für die Energie(homöostase) des Gehirns und als Energiebasis für viele Gehirnleistungen.
3. Kreatin hat deutliche Schutzfunktion für Hirn- und Nervenzellen bei Schäden durch Sauerstoffmangel oder Sauerstoffradikale (Holtzman et al., 1997, 1998)
4. Kreatin hat eine signifikant positive Wirkung auf Intelligenz- und Gedächtnistests (C. Rae et al. 2003: Intelligenztest bei 45 Vegetariern mit 5 g Cr über 6 Wochen, doppelblind, placebo-kontrolliert und cross-over)

- ☛ unabdingbar zur Energieversorgung der Hirnzellen und deren Funktion
- ☛ Verbesserung der Gehirndurchblutung und mentalen Konzentration
- ☛ zur Funktionserhaltung des Gehirns und der damit gekoppelten Sinneszellen (z.B. Fotorezeptoren der Augennetzhaut u. Haarzellen des Innenohrs)
- ☛ zum Erhalt / Verbesserung der Lern-, Gedächtnis- und Intelligenzleistung
- ☛ zum Erhalt / Verbesserung der Hirnfunktion unter Stress
- ☛ Erhöhung der Stresstoleranz, geringere geistige Ermüdung
- ☛ bei Gehirn-Kreatin-Mangel z.T. schwere neurologische Störungen

## GEHIRN, NERVEN- UND SINNESZELLEN

### Literatur

1. Adhihetty PJ, Beal MF **(2008)**
2. Andres RH, Ducray AD, Schlattner U, Wallimann T, Widmer HR **(2008)**
3. McMorris T, Mielcarz G, Harris RC, Swain JP, Howard A **(2007 a)**
4. McMorris T, Harris RC, Howard AN, Langridge G, Hall B, Corbett J, Dicks M, Hodgson C **(2007 b)**
5. Rae C, Digney AL, McEwan SR, Bates TC **(2003)**
6. Schulze A **(2003)**
7. Shin JB, Streijger F, Beynon A, Peters T, Gadzala L, McMillen D, Bystrom C, Van der Zee CE, Wallimann T, Gillespie PG **(2007)**
8. Stockler S, Schutz PW, Salomons GS **(2007)**
9. Wallimann T, Hemmer W **(1994)**
10. Wallimann T, Tokarska-Schlattner M, Neumann D, Epand RM, Epand RF, Andres RH, Widmer HR, Hornemann T et al. **(2007)**
11. Wyss M, Braissant O, Pischel I, Salomons GS, Schulz A, Stöckler S, Wallimann T **(2007)**
12. Dechent P, Pouwels PJ, Wilken B, Hanefeld F, Frahm L **(1999)**
13. Watanabe A, Kato N, Kato T **(2002)**
14. Kalds et al. **(1996)**
15. Holtzman et al. **(1997, 1998)**

## Kreatin verstärkt die Gehirnleistung

Kreatin - Supplementation schützt vor mentaler Ermüdung

Kreatin spielt eine zentrale Rolle in der Energie-Homöostase des Gehirns

### Test

Orale Kreatin-Supplementation (8g/Tag über 5 Tage) wurde hinsichtlich mentaler Leistung/ Ermüdung an 24 Heranwachsenden in einer doppelblinden, placebo-kontrollierten cross-over-Studie getestet (*Watanabe 2002*).

### Ergebnis

- Kreatin steigerte die Sauerstoff-Verwertung (oxygen utilisation) im Gehirn
- Kreatin-Supplementation hat einen hoch positiven Effekt auf das **Gedächtnis** und auf die **Verminderung mentaler Müdigkeit** (*Uchida-Kraepelin- Test*)



Viele Schachspieler nehmen vor Turnieren Kreatin

## Positive Wirkung von Kreatin auf den Knochen

- ☞ Kreatin ist essentiell für die **Knochenbildung**
- ☞ zusammen mit Krafttraining deutliche Erhöhung der **Knochendichte**
- ☞ hochwirksame **Osteoporose-Prävention**
- ☞ bedeutende Hilfstherapie für **Knochen-Knorpelerkrankungen**

1. Kreatin hat eine stimulierende Wirkung auf den Stoffwechsel der Osteoblasten wie auch auf die Mineraleinlagerung dieser Zellen  
(Gerber 2005)
2. Die Aktivität der Osteoclasten, die eine Schlüsselrolle im Knochenabbau spielen, wird vermindert (Louis 2003; Tarnopolsky 2004)
3. Der Zellschutzeffekt von Kreatin kann eine Osteoblasten-Zerstörung verhindern oder eine Osteoclasten-Zerstörung stimulieren  
(Gerber 2005; Manolagas 2000; Jilka 2003)
4. Der Zuwachs an Muskelmasse, die den Zug und Druck (Spannung) auf den Knochen erhöht, bewirkt einen Reiz auf die Knochenbildung (Chilibeck 2004).

1. Funanage VL, Carango P, Shapiro IM, Tokuda T, Tuan RS (1992)
2. Gerber I, ap Gwynn I, Alini M, Wallimann T (2005)
3. Antolic A, Roy BD, Tarnopolsky MA, Zernicke RF, Wohl GR, Shaughnessy SG, Bourgeois JM (2007)
4. Chilibeck PD, Chrusch MJ, Chad KE, Shawn Davison K, Burke DG (2005)
5. Gerber I, Gerber HW, Dora C, Uebelhart D, Wallimann T (2008)
6. Tarnopolsky MA, Mahoney DJ, Vajsaar J, Roriguez C, Doherty TJ, Roy BD, Biggar G (2004)

## KREATIN

für Lauf- und Spiel-/Ball sportarten

Einfluss eines hohen Muskel-Kreatin-Spiegels  
durch exogene orale Kreatingabe

auf die sportlich-konditionelle Leistungsfähigkeit bei Sportarten  
mit Intervall-Belastungsprofil unter besonderem Bezug auf das

FUßBALLSPIEL

## Ergebnisse von Kreatin-Knochen-Studien beim Menschen

1. In einer doppelblinden, klinischen Studie mit jungen Patienten mit Duchenne-Muskeldystrophy erhöhte sich die Knochen-Mineraldichte um durchschnittlich 3%, und der Knochen**verlust** war als Nebeneffekt um 30% in der kreatintrainierten Gruppe reduziert (3g Kreatin / Tag über 3 Monate)

*Louis et al. Muscle & Nerve 2003*

2. In einer doppelblinden, klinischen Studie mit älteren Menschen mit Kreatin (0,3g Kr/kg über 5 Tage und 0,07g Kr/kg über 12 weeks) in Kombination mit Krafttraining erhöhte sich die Mineraldichte des ganzen Körpers und den Beinknochen signifikant um 1% bzw um 3%

*Chilibeck et al. J. Nutr. Health & Aging 2004*

3. Kreatin-Supplementation erweist sich als geeignet zur Stärkung der Knochen und zur prophylaktischen Intervention gegen Osteoporose
4. Empfehlung: **PRÄOPERATIVE** Kreatin - Supplementation vor einer orthopädischen Operation !

# KREATIN und FUßBALL

## Einführende Vorbemerkungen

Der moderne Fußball ist mit seiner intensiv-intervallartigen Belastungsstruktur neben der intramuskulären Glykogenreserve in hohem Maße von einer ständigen Verfügbarkeit energiereicher Phosphate wie Adenosintriphosphat (ATP) und Kreatinphosphat (PCr) abhängig als bedeutende anaerob-alaktazide Kurzzeitergiequelle mit begrenzter Speicherkapazität zur Aufrechterhaltung einer hohen Spielerleistungsfähigkeit bei verzögerter Ermüdung. Zur Sicherung einer hohen Spielerleistung bedarf es u.U. der Supplementierung von **Kreatin** als hochergogener Aminosäurekomplex aus Arginin, Glycin und Methionin und dessen Phosphorylierung mittels mitochondrialem ATP zu Kreatinphosphat (PCr) zur schnellen Wiederaufladung des durch energieerzeugende Muskelkontraktion (Muskelfibrillen) entstandene ADP (Adenosindiphosphat) zu ATP. Die so vermiedene Anhäufung von ADP garantiert eine längere Kraftentwicklung und geringere Muskelermüdung. Eine für längere Dauer des muskelkontraktilen Leistungsvermögens durch Erhöhung der muskulären Konzentration energiereicher Phosphate erfordert zu deren Sicherung u.U. eine Supplementierung mit **Kreatin** bzw. **Kreatinmonohydrat**. Dies kann auf der motorischen Ebene zur individuellen Steigerung der (Schnell-)Kraft, Schnelligkeitsleistungen (Sprints) und Ausdauer (erhöhter Glukosespeicher bei Kreatin + Kohlenhydrate mit geringerem Leistungsabfall) führen.

Mit Kreatinzufuhr kann eine trainings-/wettbewerbbedingte katabole Reaktion und Regenerationsdauer deutlich verringert und als ergogenes „Erfolgsrezept“ angenommen werden. Zahlreiche Fußballstudien: z.B. Mujika/Padilla (s.u.); Nelsen et al. (s.u.); Pöttgen (s.u.) ergänzen die zahlreichen Studien aus anderen Sportarten mit kreatinunterstützten – z.T. erheblichen – Leistungszuwächsen im Bereich der motorischen und kognitiven Leistungsebene. „Uni sono“ empfehlen alle Fußball-Kreatintester die Kreatin-Nutzung für Fußballspieler, jedoch nicht ohne wissenschaftsorientierte Anwendung (siehe unten: „Muskulärer Kreatin-Speicher, Nahrungs- und synthetisches Kreatin, Kreatin-Produkte, Kreatin-Dosierung, Kreatin-Anwendung“). Die mittlerweile weltweit häufigen Berichte zu kreatinbedingten motorischen wie kognitiven Leistungssteigerungen (2022) in vielen Sportarten sollten besonders für den Fußball als multipler Leistungserbringer wissenschaftsgestützt und in trainerverständlicher Sprache positiv aufbereitet werden. Hier liegen vermutlich noch ungenutzte Leistungsreserven.

Hämatologische und klinisch-chemische Untersuchungen zeigen nach „kontrollierter“ Kreatingabe bzgl. Produkt, Art und Anwendung keine gesundheitsschädlichen Nebenwirkungen (z.B. Leber, Niere).

Für eine optimale Kreatin-Aufnahme zur motorischen, muskulären Leistungssteigerung ist eine gleichzeitige Zufuhr von Glukose (z. B. Maltodextrin, Dextrose) zu empfehlen. Einer möglichen Muskeltonuserhöhung mit Neigung zu Muskelkrämpfen kann mit Magnesiumgaben und erhöhter Flüssigkeitszufuhr wirksam begegnet werden.

Studien zeigen evidenzbasiert eine deutliche Verkürzung der Rekonvalenzzeit und Rehabilitation nach Verletzungen!

Kreatinnutzende Sportler sollten unbedingt ihre individuelle Reaktion bzw. Sensitivität nach Kreatingabe als sog. „responder“ (positiv hoch reagierend) oder „non-responder“ (geringe Kreatinwirkung) beobachten und entsprechend reagieren.

## KREATIN-Bedarf im Fußball

Hochintensive Fußballtrainings- und -wettkampfbelastung provoziert energetisch eine hohe, muskuläre PCr-Entleerung besonders der im Fußball wichtigen, „**schnellen**“ **Typ II-Muskelfasern** und damit eine erhebliche Verringerung der Schnellkraft- und Schnelligkeitsleistung.

Die „schnellen weißen“ - vorwiegend glykolytisch arbeitenden - Typ II- Muskelfasern haben den höchsten Gehalt an Cr + PCr. Für Schnelligkeits- und Schnellkraftsportarten wie Fußball ist deshalb eine **hohe Kreatin-Versorgung** und **hoher Kreatinbestand** besonders wichtig!

Nur ein hoher, muskulärer Cr / PCr-Speicher garantiert einen möglichst langen Erhalt aller im Fußball wichtigen, konditionellen Fähigkeiten auf **hohem Intensitätsniveau** bei geringerer Inanspruchnahme laktatbildender Kohlenhydrate (Glykolyse). Die Leistung bleibt länger auf hohem Niveau bei **späterer Ermüdung!**

Ein Feedback-Mechanismus verhindert bei vollem Kreatinspeicher eine weitere Kreatin-Aufnahme; zu viel eingenommenes Kreatin wird ungenutzt als ***Kreatin*****in** in Urin und Niere ausgeschieden.

Die Höhe des muskulären Cr/PCr-Speichers hat besonders im Fußball mit seinem intervalltypischen Belastungsprofil eine hohe **leistungslimitierende** und **ermüdungsregulierende** Bedeutung.

Durchschnittlicher Cr-Bedarf im Leistungsfußball: ca. 5g/Tag; Restzufuhr von 3-4g über Eigensynthese hinaus durch Fleisch und Fisch (250-300g / Tag) oder Kreatin-Supplementation.

# Auswirkungen eines hohen muskulären Kreatin-Bestands auf die fußballtypische motorische Leistungsfähigkeit

1.

Deutlich erhöhte repetitive Leistungsfähigkeit bei höherer Wdh.-Anzahl kurzer Intervall-Belastungen (z.B. aufeinanderfolgender Sprints), geringem Leistungsabfall und deutlich geringerer Laktatbildung.

Balsom et al. 1993; Greenhaff et al. 1993; Söderlund et al. 1994; Volek et al. 1997

## Begründung

1. Erhöhter muskulärer Gesamt Cr / PCr-Speicher führt zur schnelleren Neubildung des unter Belastung verbrauchten ATP als Sofortenergie
2. Verzögerte laktatbildende Glykolyse (Abbau von Kohlenhydraten ohne Sauerstoff zu Pyruvat und Laktat); weniger Laktat bei gleicher Leistung und verzögerte Ermüdung
3. **Schnelle Muskelfasern haben höheren PCr-Gehalt als langsame Fasern !**

# KREATIN

Studie: I. Mujika / S.Padilla, 2003: Placebokontrollierte Kreatin-Doppelblindstudie mit  
17 spanischen Fußballspielern

Probanden: zwei homogene Spieler-Gruppen

1. Gruppe **mit** Kreatin-Supplementation
2. Gruppe **ohne** Kreatin-Supplementation

Ergebnis:

## 1. Kreatin-Gruppe:

- signifikante Verbesserung der 6x15m Wiederholungssprints, bes. der 5m-Sprintleistungen
- Verbesserung der Ausdauerleistung in einem 16:30 Min.-Lauf

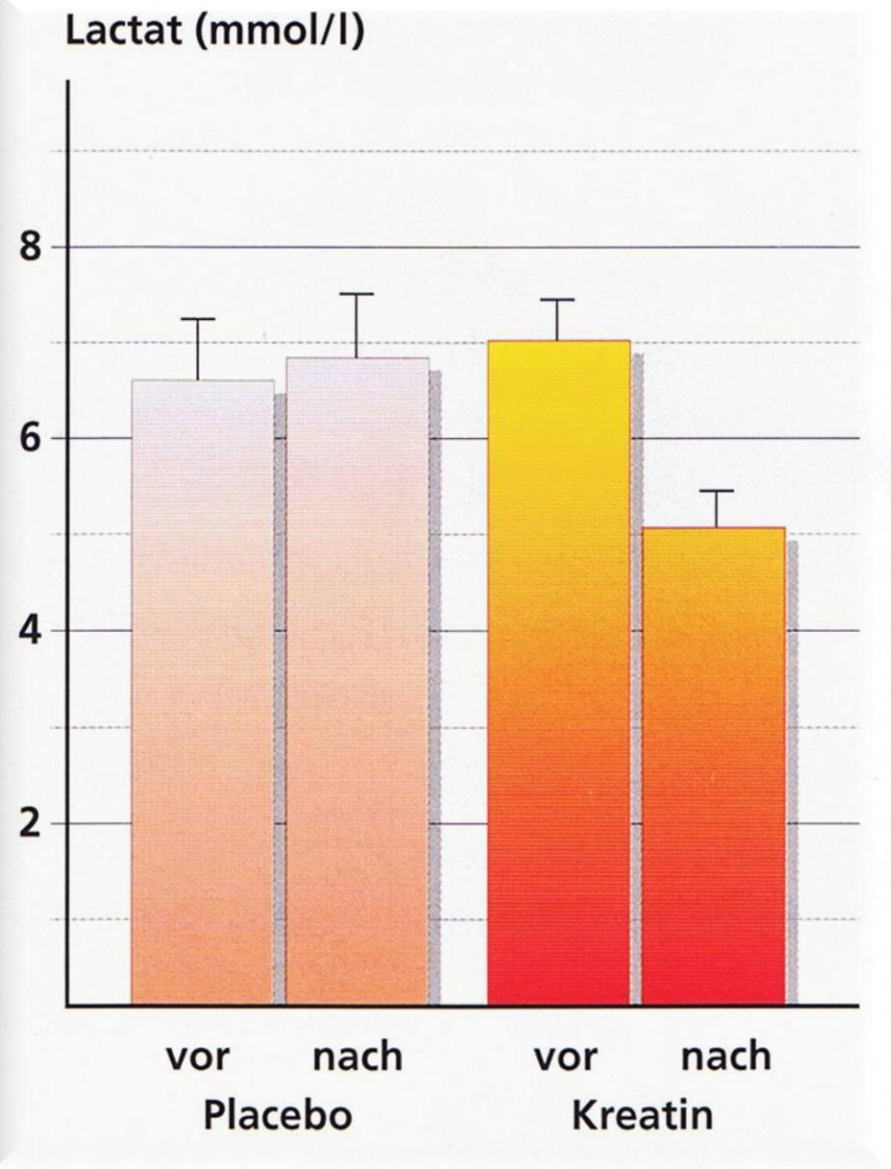
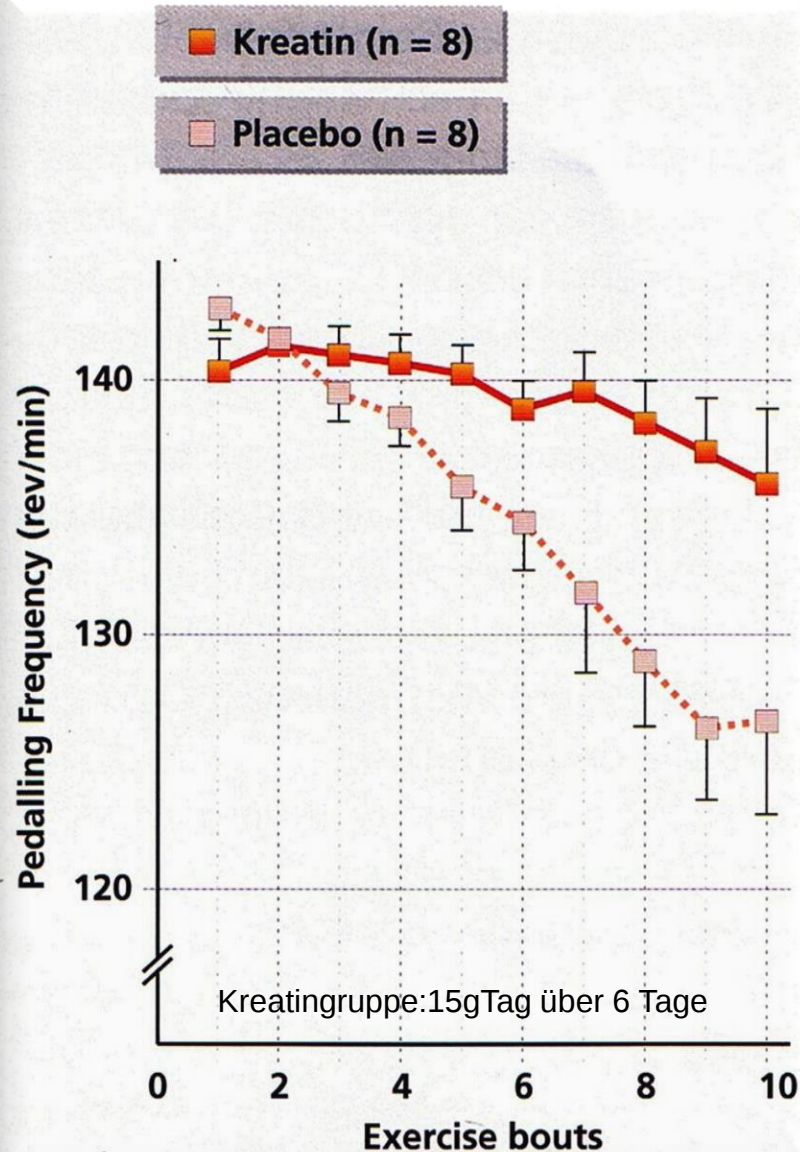
## 2. Placebo-Gruppe:

Keine Verbesserung in beiden Tests

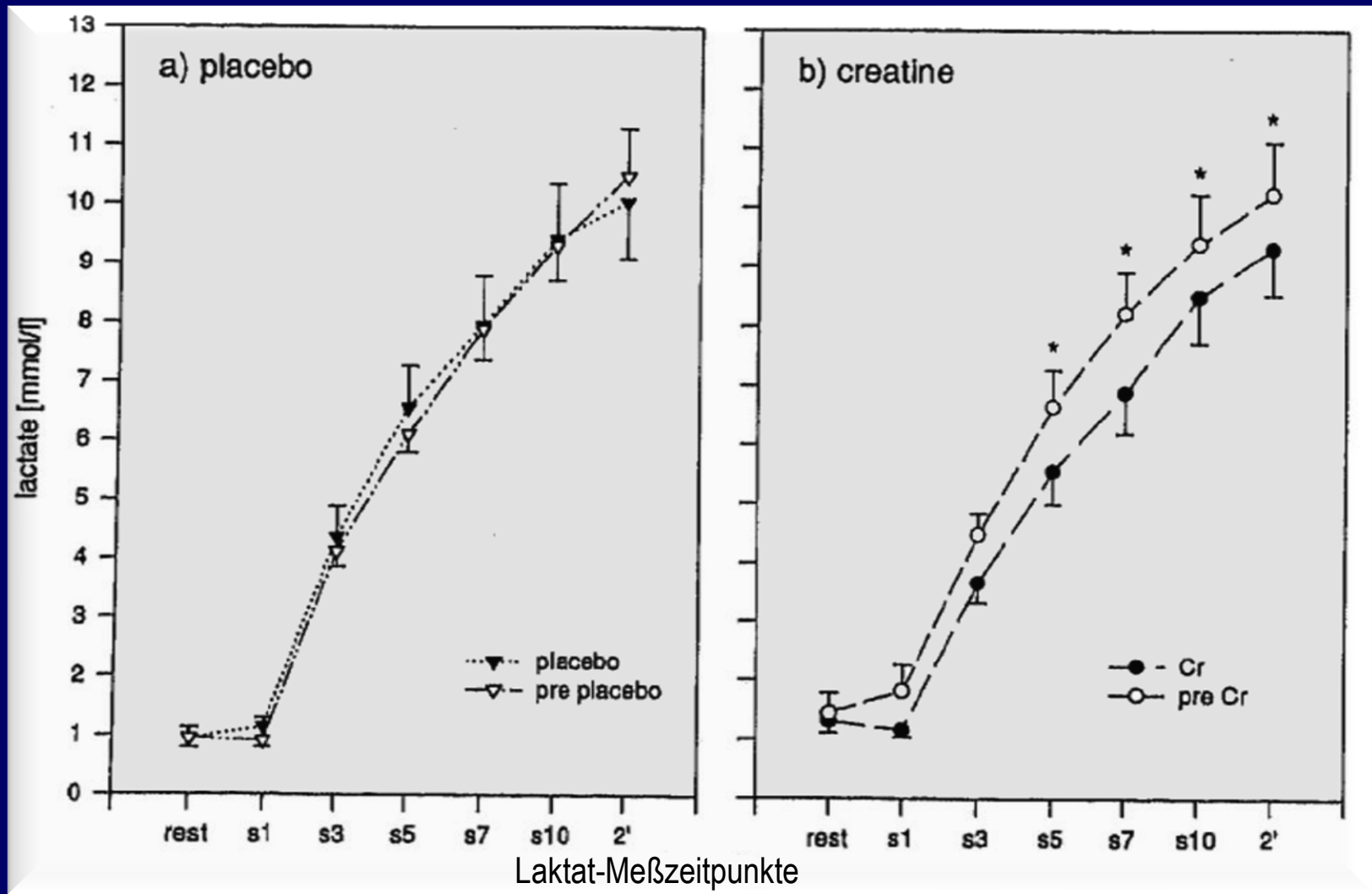
Die Autoren empfehlen Fußballspielern die Verwendung von Kreatin

10x6 sec maximale Intervall-Sprints auf dem Fahrradergometer mit je 30 sec Pause

16 Spitzensportler; 1 Placebo- und 1 Kreatin-Gruppe; Placebo- u. Doppelblindstudie; Sollumdrehungszahl: 140 U/Min.



# KREATIN-Supplementation bewirkt Verringerung des Serum-Laktatspiegels unter Trainingsbelastung



## 2.

Beschleunigung der Muskelbildung und Erhöhung der fettfreien Muskelmasse („athletisierende“ Wirkung).

Effektiveres Hypertrophietraining als morphologische Basis für Maximal-, Explosiv- und Schnellkrafttraining.

Effektiveres Training der Maximalkraft und Schnellkraft

Hespele P, Derave W. (2007); Ingwall JS et al.(1974); Biolo G et al.(1995); Schedel JM et al.(2000); Sipilä I et al.(1981); Wallimann (2009)

B

### Begründung

1. **Kreatin** erhöht Bildung des Muskel-Wachstumshormons Insulin und der insulinähnlichen Wachstumsfaktoren IGF-I+II. Insulin fördert die Aufnahme von Aminosäuren in die Muskelzelle und die Proteinsynthese und vermindert die Proteinabbaurate nach Belastungen
2. **Kreatin** aktiviert die für den Muskelaufbau essenziellen Stammzellen
3. **Kreatin** erhöht nicht nur den Querschnitt der Typ-I-Ausdauer-Muskelfasern, sondern auch der „schnellen“, schnellkräftigen Muskelfasern mit hohem Kraftzuwachs!

## Weitere Literatur zu Kreatinwirkung Pkt. 2

1. Buford TW, Kreider RB, Stout JR, Greenwood M, Campbell B, Spano M, Ziegenfuss T, Lopez H, Landis J, Antonio J (2007)
2. Deldicque L, Francaux M (2008)
3. Hespel P, Derave W (2007)
4. Kamber M, Koster M, Kreis R, Walker G, Boesch C, Hoppeler H (1999)
5. Kreider RB (2003)
6. Terjung RL, Clarkson P, Eichner ER, Greenhaff PL, Hespel PJ, Israel RG, Kraemer WJ, Meyer RA, Spriet LL, Tarnopolsky MA (2000)
7. Vandenberghe K, Goris M, Van Hecke P, Van Leemputte M, Vangerven L, Hespel P (1997)
8. Volek JS, Kraemer WJ, Bush JA, Boetes M, Incledon T, Clark KL, Lynch JM (1997)
9. Volek JS, Duncan ND, Mazzetti SA, Staron RS, Putukian M, Gomez AL, Pearson DR, Fink WJ, Kraemer WJ (1999)
10. Greenhaff PL, Casey A, Short AH, Harris R, Soderlund K, Hultmann E (1993)

## Weitere Literatur

### Ausdauerleistung

1. Buford TW, Kreider RB, Stout JR, Greenwood M, Campbell B, Spano M, Ziegenfuss T, Lopez H, Landis J, Antonio J (2007)
2. Candow DG, Chilibeck PD (2008)
3. Jones AM, Carter H, Pringle JS, Campbell IT (2002)
4. Kerksick C, Stout J, Campbell B, Wilborn C, Kreider R, Kalman D, Ziegenfuss T, Lopez H, Landis J, Ivy J, Antonio J (2008)
5. Nelson AG, Day R, Glickman-Weiss EL, Hegsted M, Kokkonen J, Sampson B (2000)
6. Robinson TM, Sewell DA, Hultman E, Greenhaff PL, (1999)
7. Sewell DA, Robinson TM, Greenhaff PL (2008)

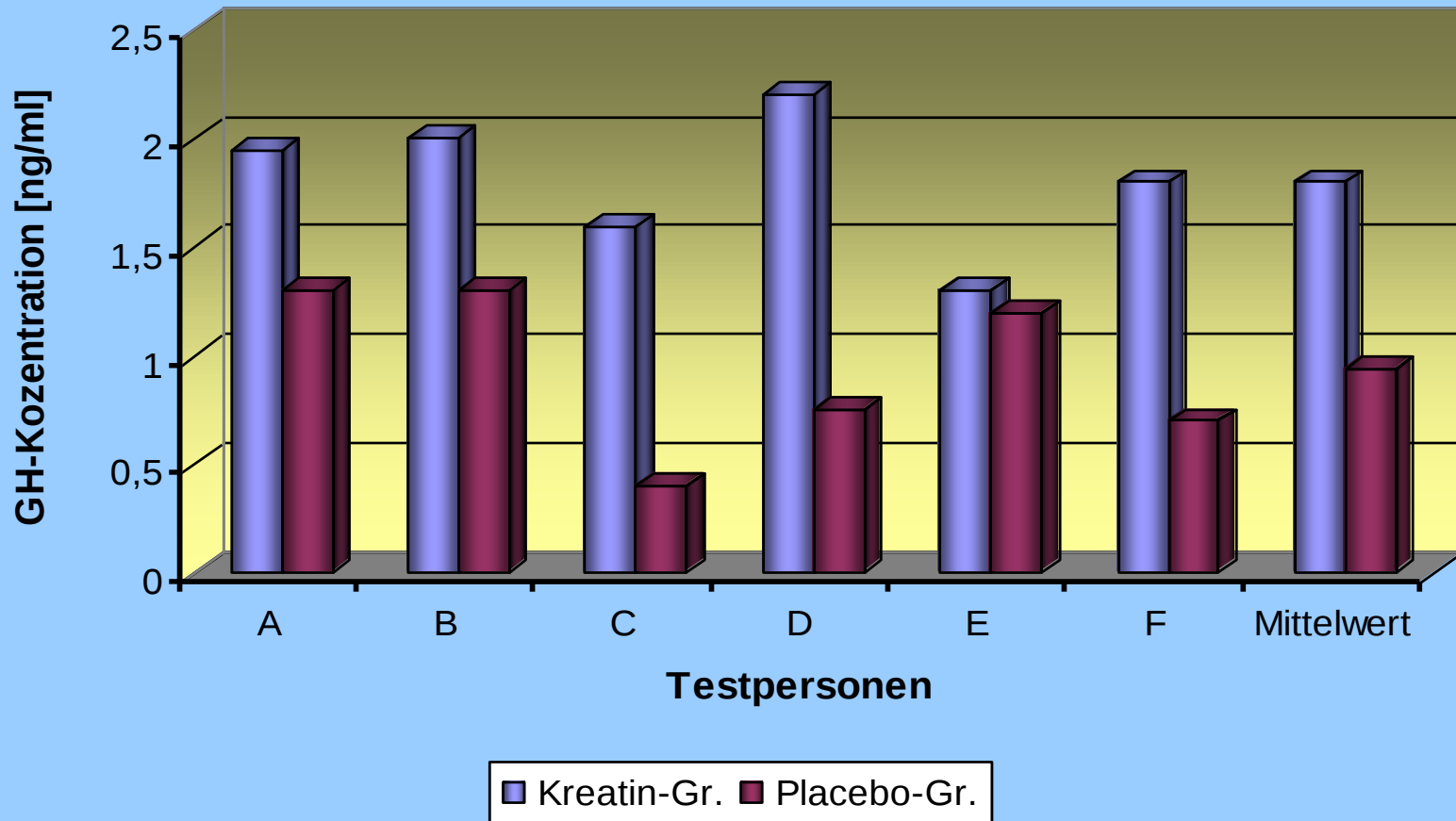
### Regeneration, Erholungszeit:

1. Hespel P, Derave W (2007)
2. Smith SA, Montain SJ, Zientara GP, Fielding RA (2004)
3. Van Leemputte M, Vandenbergh K, Hespel P (1999)
4. Greenhaff et al. (1994)
5. Aaserud et al. (1988)

### Muskelermüdung

1. Derave W, Jones G, Hespel P, Harris RC (2008)
2. Smith AE, Walter AA, Herda TJ, Ryan ED, Moon JR, Cramer JT, Stout JR (2007)
3. Stout J, Eckerson J, Ebersole K, Moore G, Perry S, Housh T, Bull A, Cramer J, Batheja A (2000)

## Serum-Wachstumshormon nach Kreatingabe

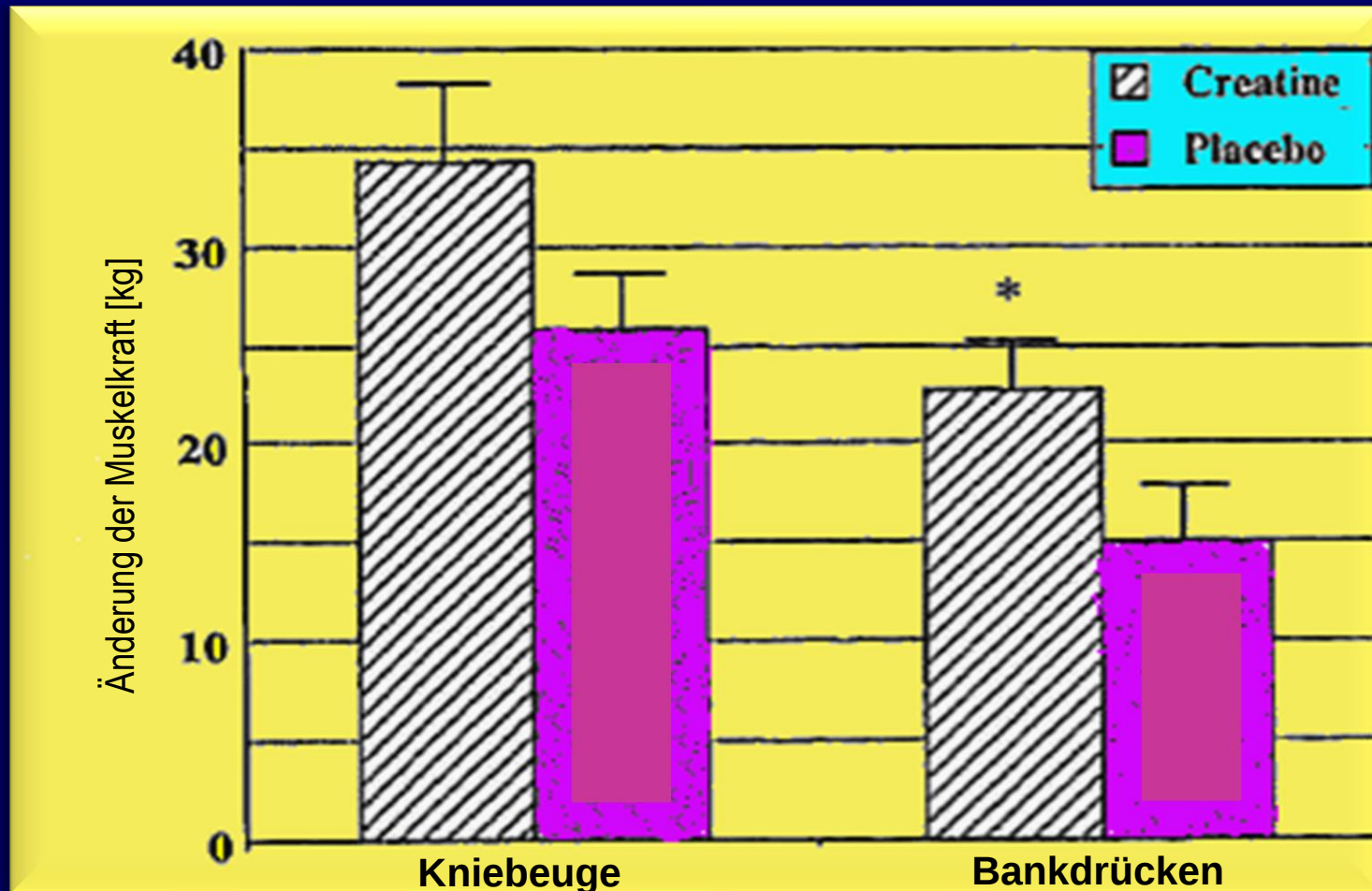


Durchschnittliche Serum-Wachstumshormonkonzentration während 6 Std. nach 20g Kreatingabe im Vergleich mit Placebo-Gabe nach Trainingsbelastung.

(Messzeitpunkte: 10,40,70,90,110,130,150,180,240,300,360 Min.)

## KREATIN-Supplementation führt zum Anstieg der Muskelkraft

Intensives Krafttraining über 13 Wochen

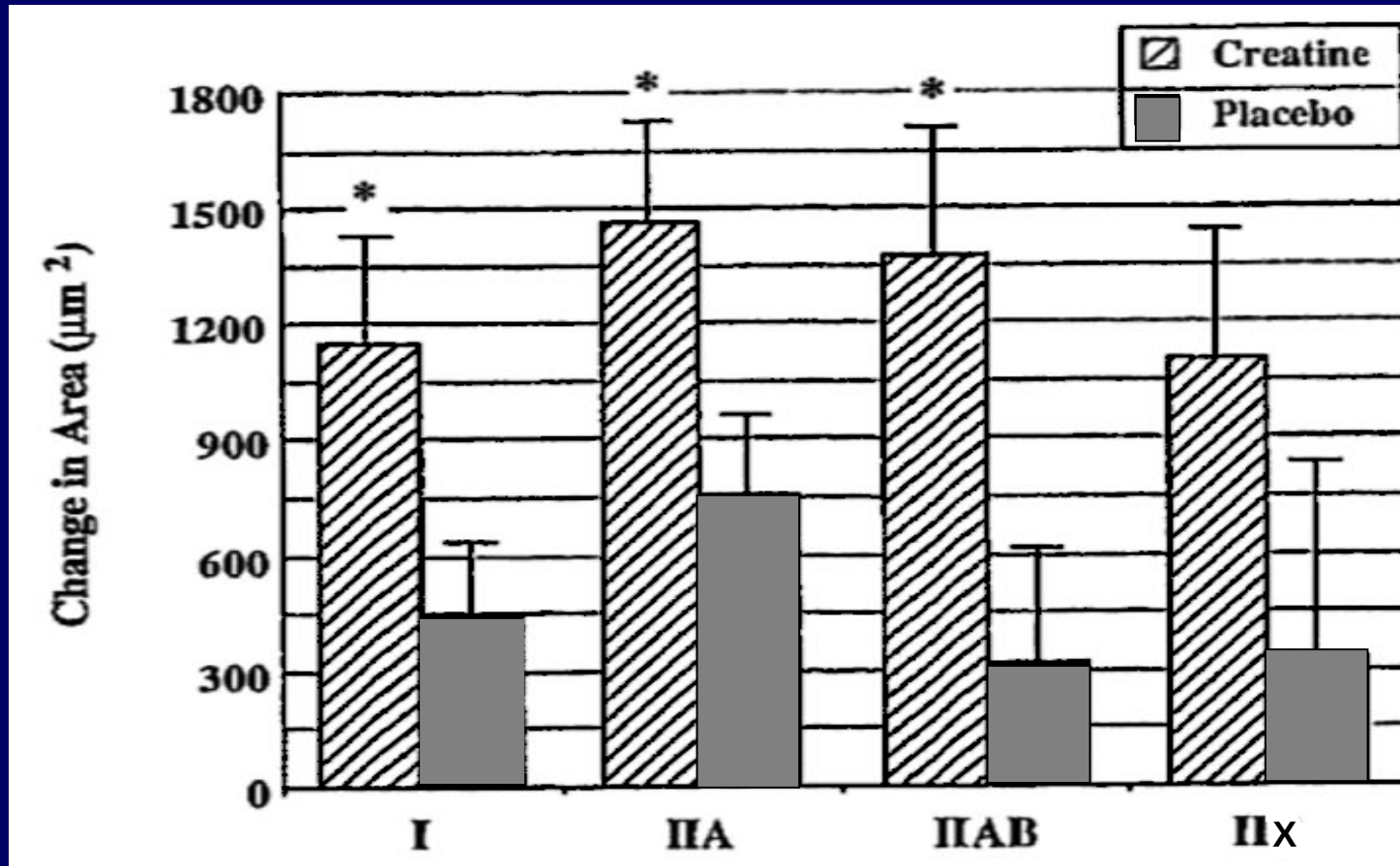


Kreatingruppe: 1. Woche 20g Cr / Tag; danach 12 Wochen Training mit 5g Cr / Tag;

Kontrollgruppe: Placebo

## KREATIN-Supplementation bewirkt:

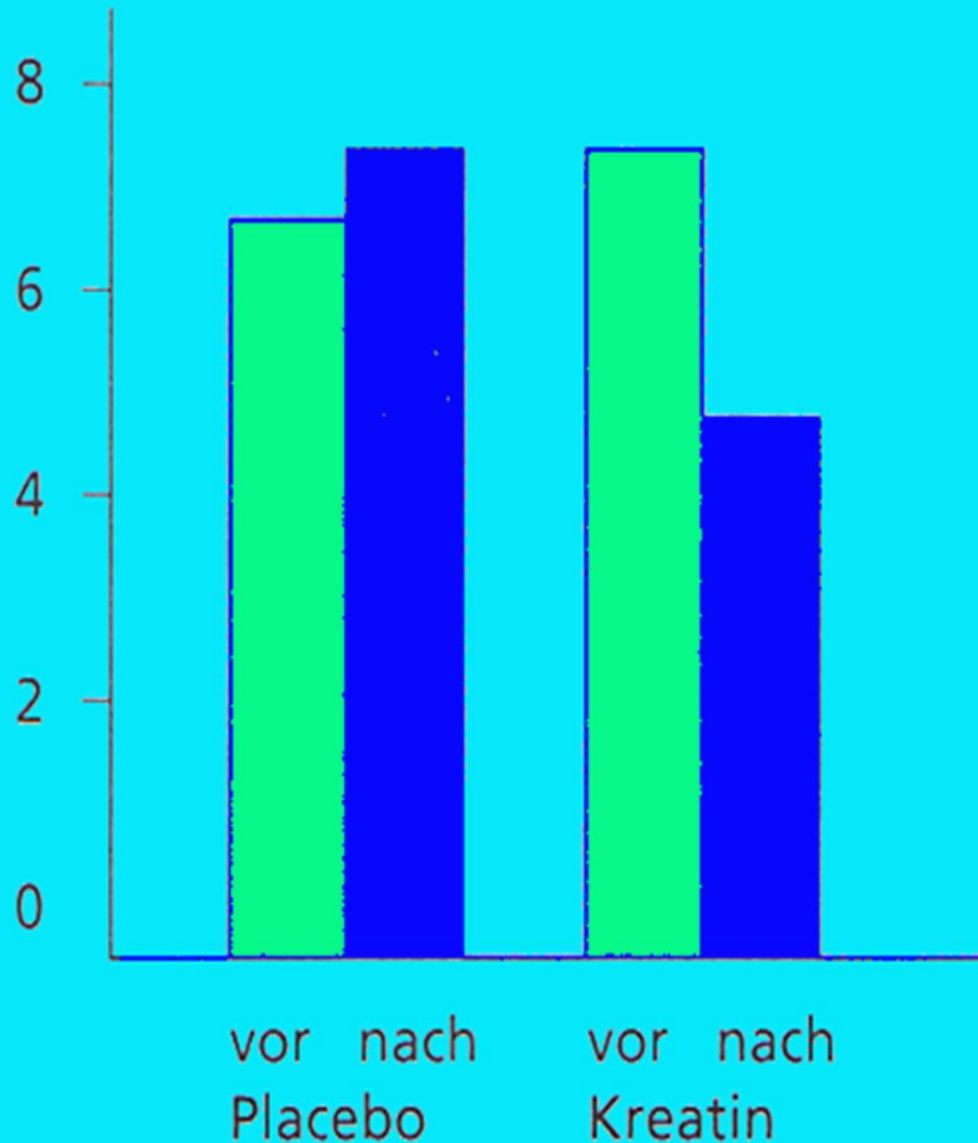
signifikantes Muskelfaser-Querschnittswachstum **aller** Muskelfasertypen nach intensivem Krafttraining über 13 Wochen



**Kreatingruppe:** 1. Woche 20 g Kreatin / Tag, gefolgt von 12 Wochen 5 g Kreatin / Tag

**Placebogruppe:** keine Kreatingabe

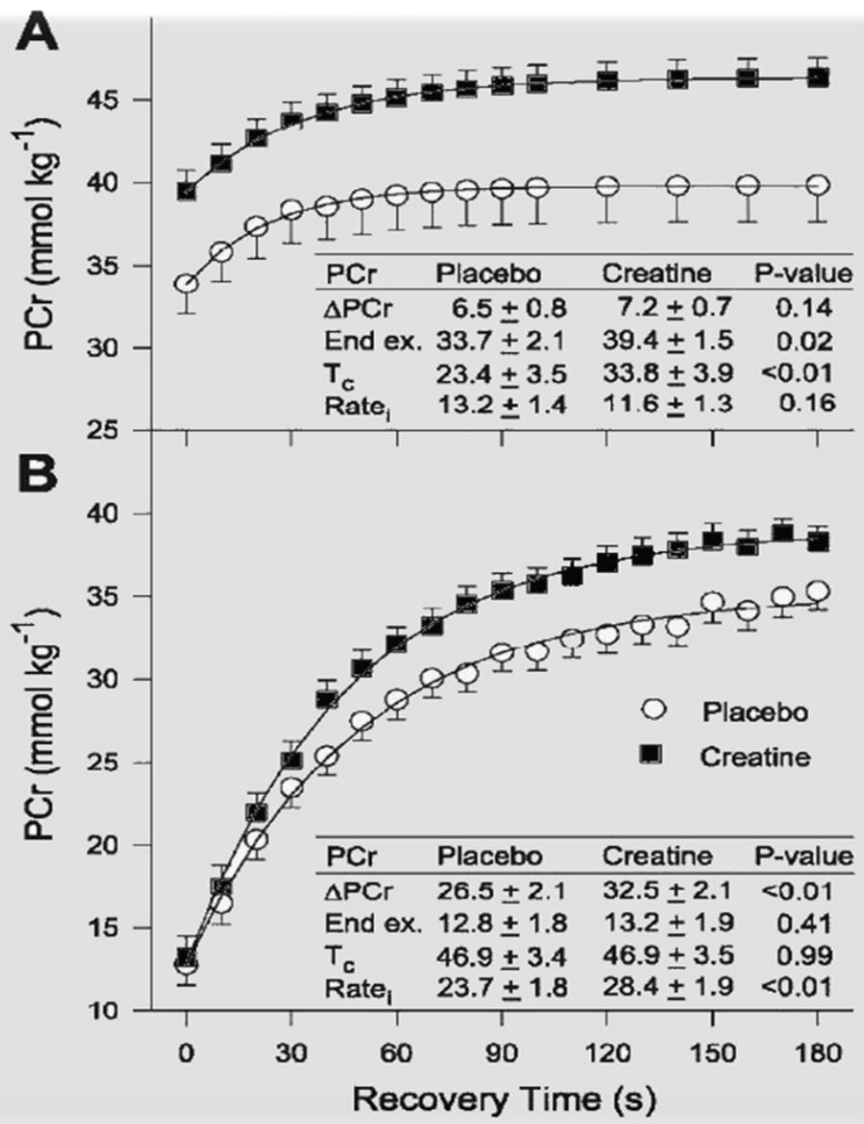
## Laktat in den Muskeln (mmol/l)



Kreatin verringert bei anaerober (Dauer-) Belastung die Laktatbildung im Muskel und verzögert Leistungsminderung.

# KREATIN-Supplementation bewirkt

Schnellere Energie-Wiederherstellung des Phospho-Kreatin (PCr)- Speichers  
im musculus vastus lateralis nach erschöpfender Belastung



A) nach kurzer, dynamischer Belastung (10-12 sec) PCr bleibt in der Kreatin-Gruppe auf höherem Level vs. Placebo-Gruppe

B) nach erschöpfender Belastung (1-4 Min.; n=16): schnellere Wiederherstellungs-Rate in der Kreatin-Gruppe mit höherem PCr-Level vs. Placebo-Gruppe

## Legende:

- $\Delta PCr$ : Änderung in mmol/kg während Belastung
- End ex: PCr in mmol/kg bei Belastungsende
- $T_c$  [sec]: PCr-Resynthesezeit
- Rate [mmol•kg<sup>-1</sup> • min<sup>-1</sup>]: initiale PCr-Resynthese-Rate

## Erhöhung der aeroben Ausdauerleistung

### Begründung

1.

Bei **gleichzeitiger (!!)** Zufuhr von **Kreatin** und **KH** (Kohlenhydraten) kommt es zu deutlich höherem KH-Speicher im Vergleich zu alleiniger KH-Gabe *ohne* Kreatin.

2. **KH+Kreatin-Gabe zusammen** bewirkt auch eine **Erhöhung des Kreatin / PCr-Spiegels** im Vergleich zu alleiniger Kreatin-Gabe

3. Erhöhter muskulärer Glykogenspiegel kann **länger** beansprucht werden

Fußballspieler haben einen größeren Ausdauer-Energievorrat bei geringerem Leistungsabfall.

1. Buford TW, Kreider RB, Stout JR, Greenwood M, Campbell B, Spano M, Ziegenfuss T, Lopez H, Landis J, Antonio J (2007)
2. Candow DG, Chilibeck PD (2008)
3. Jones AM, Carter H, Pringle JS, Campbell IT (2002)
4. Kerksick C, Stout J, Campbell B, Wilborn C, Kreider R, Kalman D, Ziegenfuss T, Lopez H, Landis J, Ivy J, Antonio J (2008)
5. Nelson AG, Day R, Glickman-Weiss EL, Hegsted M, Kokkonen J, Sampson B (2000)
6. Robinson TM, Sewell DA, Hultman E, Greenhaff PL, (1999)
7. Sewell DA, Robinson TM, Greenhaff PL (2008)

## 3.

Erhöhung der aeroben Ausdauerleistung

Erhöhter Glykogenspeicher durch Kreatingabe

Studie: „Muscle glycogen supercompensation is enhanced by prior creatine supplement“  
Nelson AG, Arnall DA, Kokkonen J, Day And R, Evans J. In: Med Sci Sports Exerc 2001, 33:1096-1100

12 Männer Kohlenhydratloading **ohne** und **mit** vorheriger Kreatineinnahme (20g/Tag über 5 Tage)  
Bestimmung der Zunahme des Muskelglykogens im m. vastus lateralis

Ergebnis

**Ohne** vorherige Kreatineinnahme: **+5%**

**Mit** vorheriger Kreatineinnahme: **+53%**

Weitere, z.T. indirekte, ausdauerrelevante Effekte von Kreatin

Verzögerung der Ermüdungsschwelle; Erschöpfung wird später wahrgenommen

Schnellere Regeneration und Erholung während und nach Training und Spiel

Verstärkte Resistenz gegen Muskelermüdung

Schnellere Reparatur von Muskelschäden nach intensiven Belastungen (mittels sog. Muskel-Satellitenzellen)

Erhöhung der Trainingshäufigkeit und Trainingsintensität

1. Hespel P, Derave W (2007)
2. Smith SA, Montain SJ, Zientara GP, Fielding RA (2004)
3. Van Leemputte M, Vandenbergh K, Hespel P (1999)
4. Greenhaff et al. (1994)

5. Aaserud et al. (1998)
6. Derave W, Jones G, Hespel P, Harris RC (2008)
7. Smith AE et al. (2007)
8. Stout J et al. (2000)

## Kreatin im Fußball – Untersuchung eines Bundesligakaders (3. Liga)

K. Pöttgen In: medicalsports network, 01, 2012, S.12

Probanden: 14 Spieler (mit Kreatin), 14 Spieler Kontrollgruppe (ohne Kreatin), 8-10 TE / Woche

Kreatineinnahme: 4 Wo. Aufladung 4-6g/Tag (ca. 150g); Erhaltungsdosierung: 2-3g/Tag 6-7 Wochen

Feedbackbefragung nach 6-7 Wochen: Nebenwirkungen und Leistungsveränderung (subjektiv)

### Ergebnis

- Alle Kreatin-Probanden zeigten **individuell** verschiedene leistungspositive Veränderungen
- Nebenwirkungen: relative Gewichtszunahme Kreatin-Gruppe: 1,05% = ca. 550g vs. Kontrollgruppe
- Keine Krämpfe, Muskelverhärtungen oder Zerrungen
  - Verbesserte Konzentrationsleistung
  - Verbesserte Koordinationsfähigkeit
  - Verbesserte Sprintleistung
  - Verbesserte Erholungszeit nach Training
  - Verbesserte Wettkampfleistung
  - Verbesserte Kraftleistung
  - Verbesserte Trainingsintensität

**Fazit:** Kreatin führt im professionellen Fußball in individueller Ausprägung zu einer verbesserten Leistung und zu einer verkürzten Regenerations- und Erholungszeit.

Kreatin unterstützt aufgrund seiner eiweissanabolen Wirkung (hoch) effektiv das Krafttraining.

## KREATIN und Rehabilitation

Kreatin-Gabe verkürzt Rehabilitations- und Rekonvalenzzeit nach Krankheit / Verletzung und längerer Immobilisation mit Muskelatrophie (z.B. nach Verletzung, Operation u.ä.)

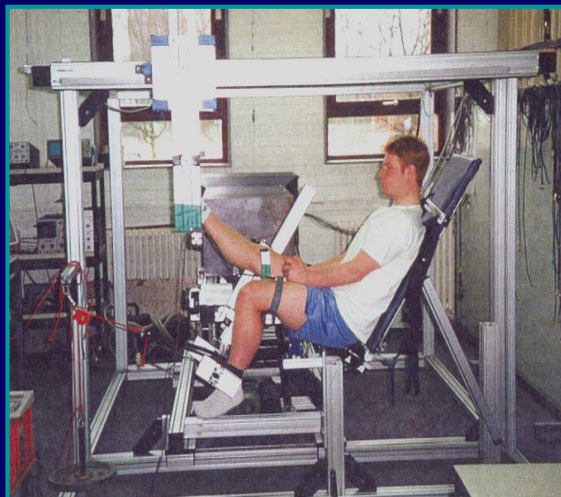
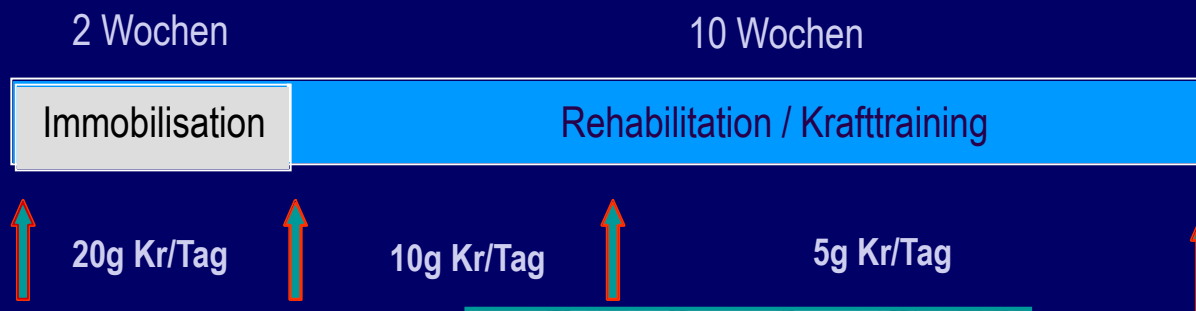
1. Hespel P, Op't Eijnde B, Van Leemputte M, Urso B, Greenhaff BL, Labarque V, Dymarkowski S, Van Hecke P, Richter EA (2001)
2. Hespel P, Derave W (2007)
3. Deldicque L, Theisen D, Bertrand L, Hespel P, Hue L, Francaux M (2007)
4. Olsen S, Aagaard P, Kadi F, Tufekovic G, Verney J, Olesen JL, Suetta C, Kjaer M (2006)
5. Vierck JL, Icenoggle DL, Bucci L, Dodson MV (2003)

## KREATIN und Rehabilitation

Kreatin-Supplementation fördert die schnelle Wiedererlangung von Muskelmasse und Muskelkraft nach Immobilisations-Atrophie

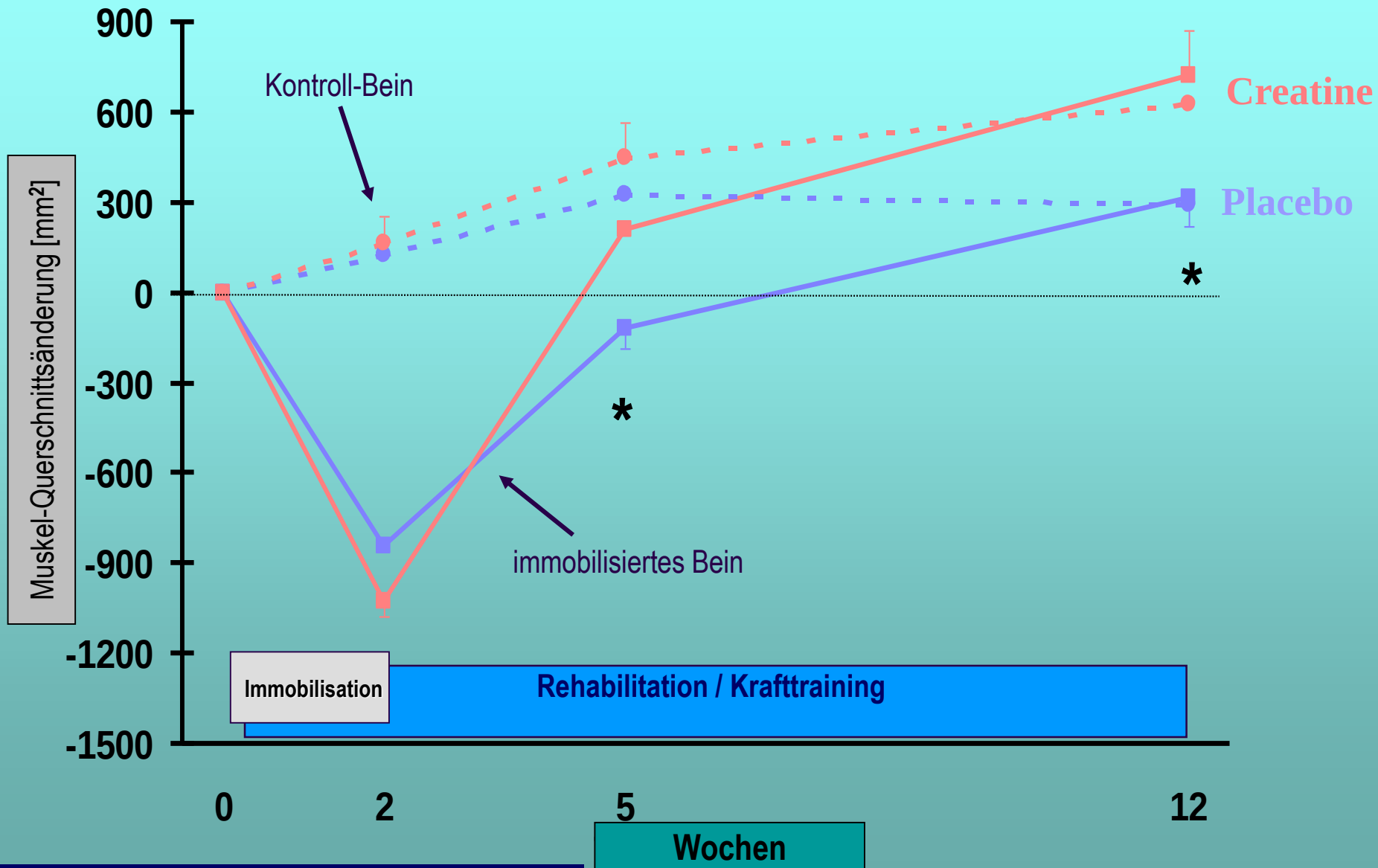
Untersuchung Hespel P. et al. 2001

Gips-Immobilisierung über 2 Wochen mit anschließendem, 10-wöchigem Krafttraining **mit** und **ohne** Kreatin des rechten Beins von 22 gesunden, jungen Probanden

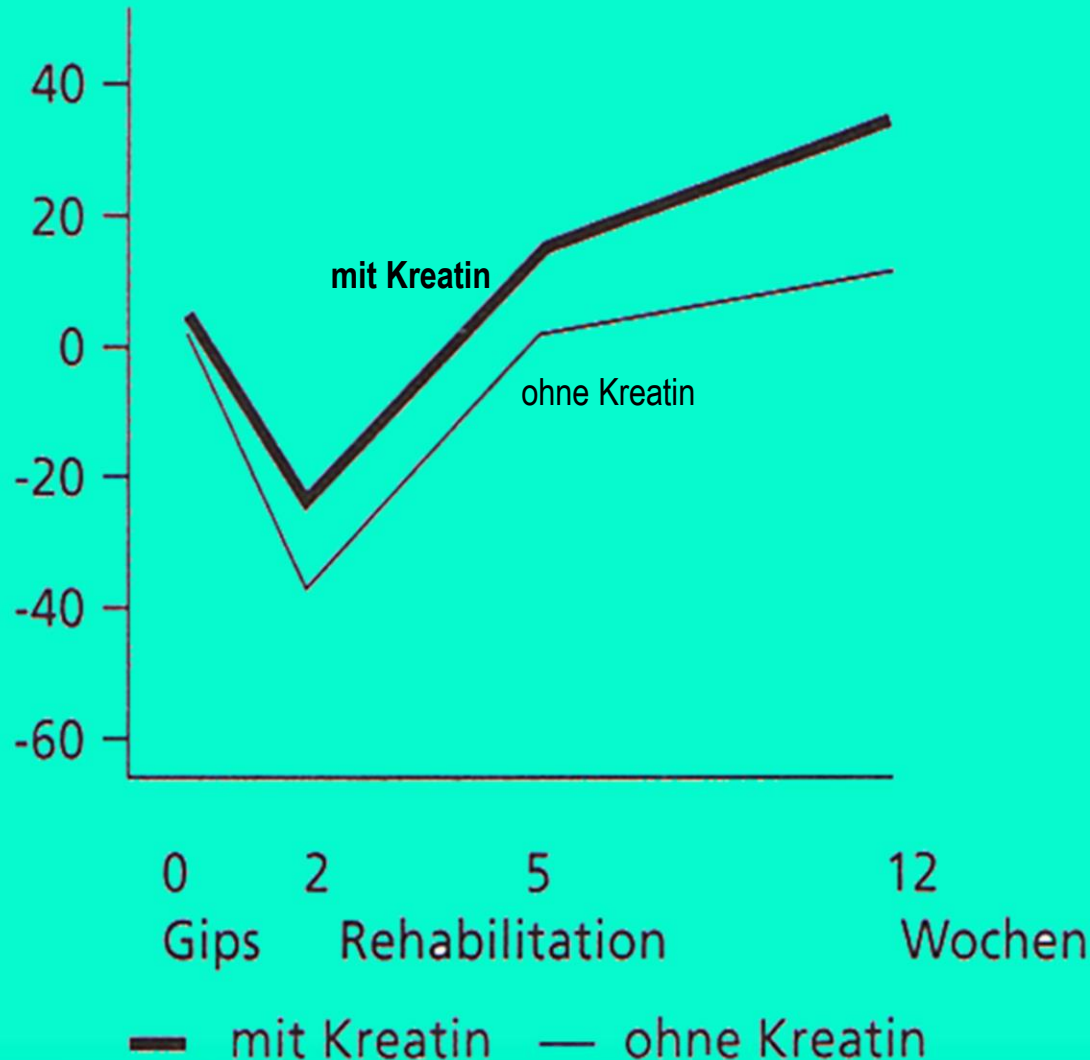


# Muskel-Querschnitt, Muskelmasse des m. quadriceps femoris

## Quadriceps CSA



## Kraftänderung beim Kniestrecken



Rechtes Bein von 22 Probanden mit Gips über 2 Wochen ruhig gestellt. Abnahme der Muskelmasse und der Muskelkraft bei der Kreatingruppe um **20%**, ohne Kreatin um **30%**. In nachfolgender Reha mit Krafttraining wurden die Ausgangskraftwerte in der Kreatingruppe **schneller** erreicht

## KREATIN für sporttreibende Kinder und Jugendliche

Hohe Verträglichkeit und Unbedenklichkeit von Kreatin bei hoher Reinheit auch bei Jugendlichen.

Die **Reinheit** des Kreatin-Produktes ist der **wesentlichste(!)** Gesundheitsfaktor bei Kreatin-Supplementation; nur Kreatin-Produkte, die **ausschließlich** auf dem deutschen Produkt „CreaPure“ basieren! (Deutschland hat das weltweite Reinheitsmonopol für Kreatin).

Jugendliche reagieren auf Kreatin vermutlich wie Erwachsene (nur wenige Studien). Aus pädagogischer Sicht sollte Kreatin hier nur in begründeten Sonderfällen (z.B. Reha-Unterstützung nach Verletzung; zur besseren Regeneration) verwendet werden! Im Vordergrund steht grundsätzlich die längerfristige Leistungsentwicklung durch Training, ausgewogene Ernährung und ausreichende Erholungszeiten.

Es ist grundsätzlich eine Sinnfrage, wenn auch gesundheitlich unbedenklich, Jugendlichen mit einer ausgewogenen Ernährung mit genügend frischem Fleisch u. Fisch noch zusätzlich Kreatin zu geben. Zunächst sollte die Leistung in diesem Alter über das Training erfolgen.

*Allmann*

### International Society of Sports Nutrition (ISSN)

*„Falls ein Jugendlicher sich aktiv und seriös im Sport mit entsprechendem Training engagiert und die notwendigen Vorsichtsmaßnahmen eingehalten werden (Dosierung und absolute Reinheit des Kreatins), und falls Kreatin unter Aufsicht eines ausgebildeten Trainers oder Sportarztes eingenommen wird, kann eine Kreatin-Supplementation als Alternative zu potenziell gefährlichen Anabolika, Hormonen und anderen Dopingmitteln auch für junge Athleten durchaus sinnvoll sein.“*

## KREATIN-Einnahme unter Jugendlichen

### Amerikanische Studie; Creatine use among young athletes (2001)

Metzl JD, Small E, Levine SR, Gershel JC. In: Pediatrics **2001**, 108: 421-425

Cheung MC, Zhao XQ, Chait A, Albers JJ, Brown BG. In: Art Thromb Vasc Biol. **2001**, 21:1320-1326

1. **Befragung:** 1103 Schülern vor Sportabschlussprüfung
2. **Kreatineinnahme:** Schüler gesamt unter 18 J.: 5,6%; männl. Schüler: 8,8%,  
Schülerinnen: 1,8%; 18-Jährige: 44%
3. **Hauptbegründung:** Zunahme der Leistungsfähigkeit: 74,2%;  
Attraktives Erscheinungsbild: 61,3%

Anmerkung: Die Kreatineinnahme unter Jugendlichen dürfte sich bis heute (2022) deutlich erhöht haben.

## KREATIN-Einnahme und mögliche Nebenwirkungen

- **keine gravierenden Nebenwirkungen** bei mengen- und reinheitskontrollierter Einnahme
- sehr **hohes Sicherheitsprofil** selbst bei Langzeiteinnahme mit 5g/Tag
- **keine Nierenschäden** bei „normaler“, kontrollierter Einnahme
- hohe Dosen (3x3g bis max. 4x5g/Tag) nur in „Ladephase“ (5-10 Tage) zu empfehlen
- unerwünschte Nebenwirkungen **nur** bei zu hohen Dosierungen und **unreinem Kreatin**
- vereinzelt **Muskelkrämpfe** und hoher **Muskeltonus** i.d.R. in der „Ladephase“  
(Hilfe: 200-500mg Magnesium/Ereignis – in leichten Fällen und präventiv 100-300 mg Mg.- und **deutlich vermehrte Flüssigkeitszufuhr** !)
- in „Ladephase“ leichte **Gewichtszunahme** (1-2kg) durch Wassereinlagerung
- Wassereinlagerung reguliert sich nach Ende der „Ladephase“
- selten: gastrointestinale Verstimmung (bes. in Ladephase und geringer Flüssigkeitszufuhr)
- Keine Auffälligkeiten in den klinischen Leber- und Nieren-Funktionswerten auch bei Dauereinnahme
- Nach bisher ca. 35jähriger Erfahrung mit weltweit Millionen von Kreatin-Anwendern sind keine gefährlichen Nebenwirkungen registriert worden.

1. Dalbo VJ, Roberts MD, Stout JR, Kerksick CM (2008)
2. Deldicque L, Francaux M (2008)
3. Greenwood M, Kreider RB, Greenwood L, Byars A (2003)
4. Buford TW, Kreider RB, Stout JR, Greenwood M, Campbell B, Spano M, Ziegenfuss T, Lopez H, Landis J, Antonio J (2007)
5. Chang CT, Wu CH, Yang CW, Huang JY, Wu MS (2002)
6. Gualano B, Ugrinowitsc C, Novaes RB, Artioli GG, Shimizu MH, Seguro AC, Harris RC, Lancha AH Jr (2008)
7. Persky AM, Rawson ES (2007)
8. Kreider RB, Melton C, Rasmussen CJ, Greenwood M, Lancaster S, Cantler EC, Milnor P, Almada AL (2003)
9. Poortmans JR, Francaux M (2000)
10. Shao A, Hathcock JN (2006)

## Zusammenfassende Übersicht

über die positiven Wirkungen einer Kreatinsupplementation  
im leistungsorientierten Spitzensport und speziell auf die Leistungsfähigkeit im Fußball

## KREATIN als bedeutender Wirkungsfaktor gesteigerter Leistungs-Energiequelle

- Kreatin (Cr) bzw. Kreatin-Phosphat (PCr) ist zusammen mit Adenosintriphosphat (ATP) die **bedeutendste** anaerob-alaktazide **Kurzzeit-Energiequelle**
- Zusätzliche Kreatinzufuhr **erhöht** den muskulären ATP-Speicher mit z.T. erheblichen Steigerungen der (Schnell-)Kraft-, Schnelligkeits- und Ausdauerleistungen
- Hauptursache für **erhöhte Ausdauerleistungen** ist die **deutlich erhöhte** muskuläre Speicherfähigkeit von Kohlenhydraten (KH) bei **gleichzeitiger** Kreatin-Gabe im Vergleich zu alleiniger KH-Gabe. Fußballer haben über die gesamte Spielzeit einen höheren, nutzbaren Energievorrat bei geringerem Leistungsabfall (Robinson et al. 1999; Nelson et al. 2001)
- Umgekehrt wird zusammen mit KH-Gabe die muskuläre Aufnahmefähigkeit von Kreatin erhöht im Vergleich zu alleiniger Kreatin-Gabe. Deutlich erhöhter Glykogenspeicher bei gleichzeitiger (!) Gabe von Kohlenhydraten (KH) + Kreatin!
- Kreatin vermindert eine katabole (abbauende) Reaktion nach Training und Wettspiel u. **verkürzt die Regenerationszeit** nach hohen Belastungen
- Erhöhung der komplexen Schnellkraft-, bes. der Sprint- und Sprungfähigkeit - auch bei hoher Wiederholungssequenz durch ein hohes, anaerob-alaktazides Energie-Budget
- Kreatin vermindert eine trainingsbelastungsbedingte katabole Reaktion, verkürzt die Regenerationszeit und Ermüdung und verbessert die Trainingsleistung
- Kreatin hat eine eiweisanabole Wirkung u. unterstützt ein notwendiges Krafttraining, bes. unter Hypertrophie-Aspekt
- **Individuelle (!)** Erhöhung der konditionellen Gesamt-Leistungsfähigkeit über die gesamte Spielzeit

## KREATIN im leistungsorientierten Spitzensport

- mittlerweile nehmen Millionen von Spitzen- und Freizeitsportlern Kreatin als leistungssteigerndes, natürliches und (nahezu) nebenwirkungsfreies **Nahrungsergänzungsmittel**
- einige Fußballnationalmannschaften nutzten bereits Kreatin zur Leistungssteigerung und Leistungserhalt; die deutschen Spieler erhielten bei der WM 2006 über 4 Wochen je 5g Kreatin / Tag
- bereits bis 2008 über **350** Publikationen zur positiven Kreatinwirkung im (Leistungs-)Sport
- **deutlich erhöhte**, individuell unterschiedliche, **Steigerung** der körperlichen, kognitiven und psychischen Leistungsfähigkeit vs. kreatinfreier Leistungsfähigkeit (+10-20%)
- kreatininduzierte Leistungssteigerung betrifft auf motorischer Ebene die konditionellen Fähigkeiten (**Maximal-**) **Kraft**, (**repetitive**) **Schnellkraft** und **Schnelligkeit**, **aerobe und anaerobe Ausdauer** und **Kraftausdauer**.
- deutlich erhöhte **anaerob-alaktazide** Leistungsfähigkeit und **Muskelleistung**
- höhere körperliche **Belastbarkeit** und **Belastungstoleranz**
- längere Belastungszeit bei höherer Intensität, **geringerer Ermüdung** und **schnellerer Erholung !!**
- nach Krafttraining höhere Kraft- und Muskelzuwachsrate durch **eiweißanabole** Wirkung von Kreatin
- **keine schädlichen Nebenwirkungen** bei reinem Kreatin und korrekt dosierter Einnahme

**Individuelle** Erhöhung der konditionellen Gesamtleistungsfähigkeit über die gesamte Spielzeit.

Erhöhung der komplexen Schnellkraft, bes. der Sprint- u. Sprungfähigkeit - auch bei hoher Wiederholungssequenz durch ein hohes, anaerob-alaktazides Energie-Budget.

Deutlich erhöhter Glykogenspeicher bei gleichzeitiger (!) Gabe von **Kohlenhydraten (KH) + Kreatin** im Vergleich zu alleiniger KH-Gabe, was zu einer verbesserten Ausdauerleistung und geringerem Leistungsabfall über das gesamte Spiel führt (Robinson et al. 1999; Nelson et al. 2001).

Ein Feedback-Mechanismus verhindert bei vollem Kreatinspeicher eine weitere Kreatin-Aufnahme; zu viel eingenommenes Kreatin wird ungenutzt via Urin und Niere als Kreatinin ausgeschieden.

Kreatin vermindert eine trainings-/wettspielbelastungsbedingte katabole Reaktion, verkürzt die Regenerationszeit und verbessert die Trainingsleistung.

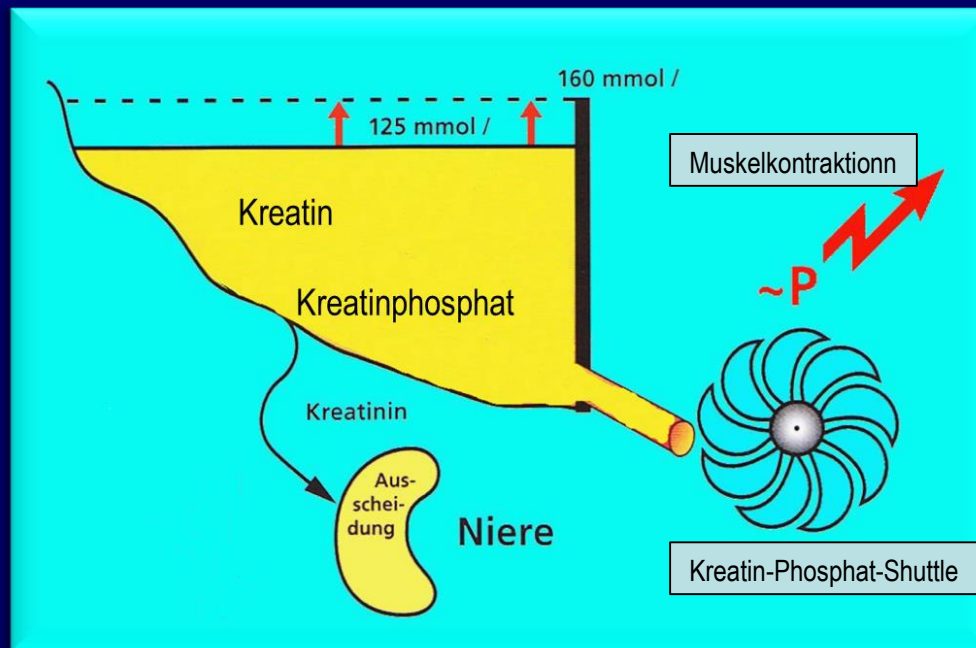
Kreatin hat eine eiweisanabole Wirkung, unterstützt ein Krafttraining bes. unter Hypertrophie-Aspekt, erhöht die (muskuläre) Wachstumshormonausschüttung und fördert die Abnahme von Fettgewebe (Vandenberghe et al. 1997)

Muskulärer Kreatin-Speicher  
Nahrungs- und synthetisches Kreatin  
Kreatin-Produkte  
Kreatin-Dosierung  
Kreatin-Anwendung

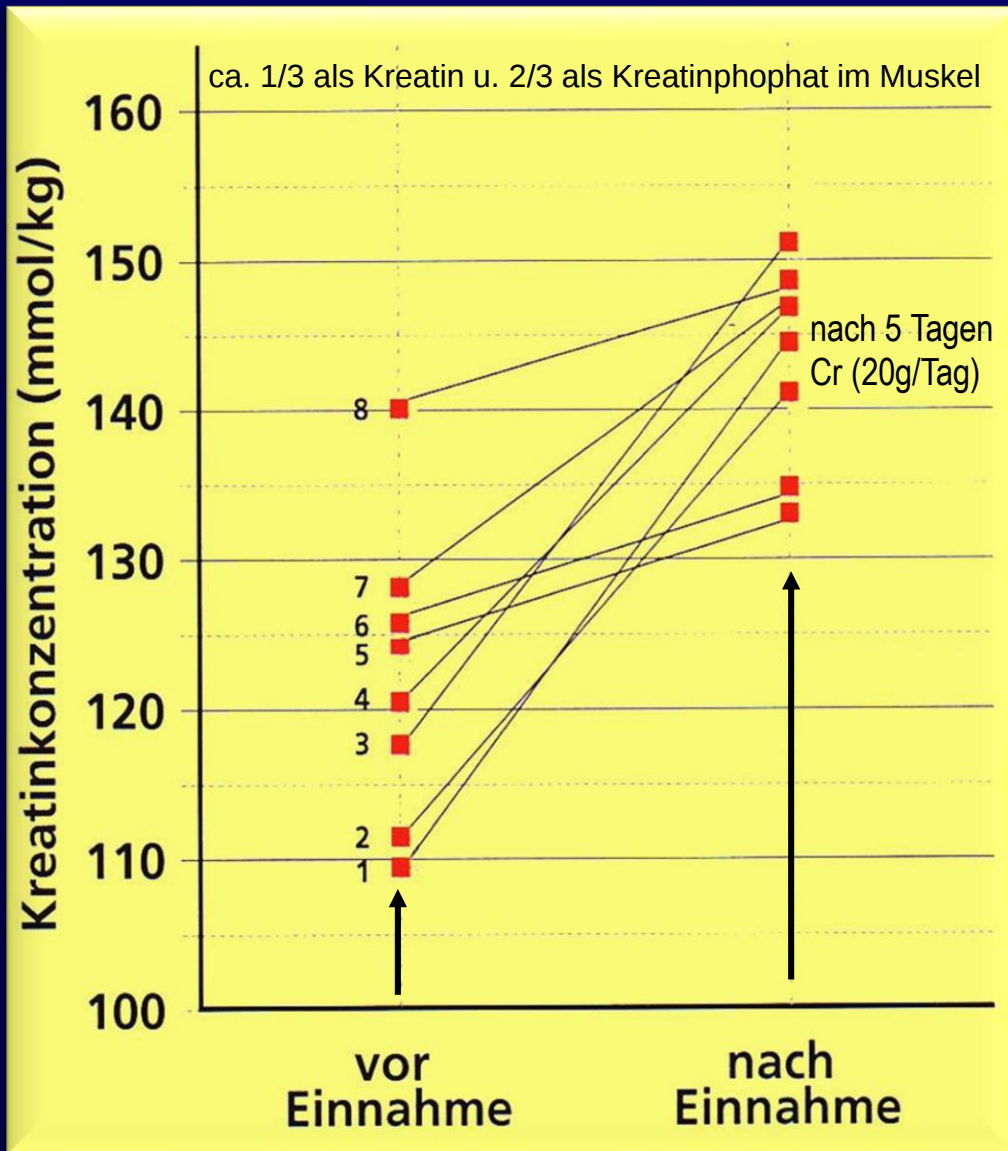
## Die Muskulatur – ein leistungsbezogenes Kreatin-Auffüllungsorgan

Unter Alltagsbelastungen befindet sich die energetisch nutzbare, muskuläre Kreatin- / Kreatinphosphatmenge in einer **Schongang-Konzentration** (bzgl. Essgewohnheiten (Fleisch-/Fischkonsum; Vegetarier), Alter, Gewicht )

Unter hohen aeroben und anaerob-alkalaziden Belastungen kann die endogen produzierte Kreatin-“Schongang“-Menge kurzfristig über natürliches oder synthetisches Kreatin bis zu einer **Auffüllungsgrenze** der Muskulatur erhöht werden. Eine Überfüllung / Überladung ist nicht möglich! Kreatinüberschuss wird als **Kreatinin** über Urin und Niere ausgeschieden.



## Muskuläre Aufnahmefähigkeit von Kreatin (Cr)



Kreatin-Zufuhr kann das Körper-Gesamt-Kreatin bei Vegetariern **20-40%**, bei „Fleischessern“ **10-20%** steigern. Submaximales Training während der Einnahme verbessert die Aufnahme **zusätzlich**..

Der maximale Kreatinspiegel liegt bei **150-160 mmol/kg**.

Balsom P.D. et al. (1994)

# Kreatin-Quellen

## 1. Natürliche Kreatin-Quellen:

**FISCH:** Hering 6,5 – 10 g/kg  
Lachs 4,5 g/kg  
Thunfisch 4,0 g/kg  
Dorsch 3,0 g/kg  
Kabeljau 3,0 g/kg  
Scholle 2,0 g/kg

**FLEISCH:** Huhn 6 – 7g/kg  
Schwein 5,0 g/kg  
Rind 4,5 g/kg

**ANDERE:** (Mutter-)Milch 0,1 g/l  
Gemüse Spuren  
Früchte Spuren  
Kohlenhydrate Spuren

1. Gekochtes Fleisch und Fisch verringert den Kreatin-Gehalt
2. Kreatin-Aufnahme von Vegetariern und Veganern = **Null** (Serum-Kreatinmessungen und Muskelbiopsien)

## Kreatin-Quellen

### 2. Synthetisch hergestelltes Kreatin

Synthetisches Kreatin wird in einem chemischen Prozess aus SARKOSIN und CYANAMID hergestellt. Dabei entstehen die toxischen Nebenprodukte Dicyandiamid u Trihydrotriazin und Schwermetalle.

Der Hersteller ist verpflichtet, eine zertifizierte Produktion und die wissenschaftlich dokumentierte Reinheit des Produkts, frei von toxischen Nebenprodukten, zu garantieren !

Das in Deutschland hergestellte Kreatin-Monohydrat – das einzige nicht in China hergestellte Kreatin – erfüllt unter dem geschützten Namen "Creapure" alle Qualitätskriterien auf höchstem Standard. Auch ein Reinheits-Zertifikat aus dem Dopinglabor der Deutschen Sporthochschule Köln (Prof. Dr. Schänzer) liegt vor.

Reinstes Kreatin-Monohydrat ist ein schneeweises Pulver und bei trockener Raumtemperatur über Jahre haltbar. In wässriger Lösung zeigt Kreatin eine gewisse Instabilität.

Kreatin-Monohydrat passiert in der kurzen Magenverweilzeit das saure Milieu ohne Zerstörung!

Die Elimination der toxischen Nebenprodukte bei der Synthese ist technisch aufwändig und verteuert Kreatin. Je billiger, desto wahrscheinlicher unreine Ware mit Zusätzen mit anabolen Prohormonen mit. Deshalb ist bei Billigprodukten im Internet Skepsis geboten!!

## Welches Kreatin?

- Nur reines Kreatin = Creapure® (Kreatin-Monohydrat).
- Praktisch alle Studien mit Kreatin-Monohydrat
- Andere Kreatin-Verbindungen haben keinen Vorteil, wie:  
Kr-Pyrovate, Kr-Citrat, Kr-Alkalyn, Creatin-Serum, u.a.

## Achtung beim Kauf über Internet

Je billiger, desto wahrscheinlicher unreine (!) Ware  
(Keine Garantie, dass sie nicht unerlaubte Substanzen enthalten)

## Athletenaufklärung durch Sportverbände, Trainer und Betreuer

Hohes Gesundheits- und Dopingrisiko durch billiges, oft durch anabole Prohormone kontaminiertes Kreatin im Internet. Trainer, medizinische Betreuer und Sportverbände müssen sich im Rahmen ihrer obliegenden Fürsorgepflicht bemühen, mit kompetenten Sachverständigen die Athleten über Produkt und Umgang mit Kreatin aufzuklären (!!)



Wissenschaftliche Beratung: Prof. Dr. Wallimann,  
Emeritierter Molekularbiologe ETH Zürich



Das Schweizer Kreatinprodukt „KreMag“ basiert auf dem deutschen Monopolprodukt „creapure“ (reinstes Cr) und ist zur besseren Bioverfügbarkeit mit Kohlenhydraten (Maltodextrin und Dextrose) und Magnesium angereichert.

Es besitzt als einziges Kreatinprodukt ein Reinheitszertifikat aus dem Dopinglabor der Deutschen Sporthochschule Köln! (Prof. Dr. Schänzer)

Das Kreatinmonohydrat ist von höchstmöglicher Reinheit (mindestens 99,95%). Die Herstellungsbedingungen garantieren mikrobiologische Reinheit, frei von Schwermetallen und weit unterhalb gesundheits-akzeptabler Grenzwerte von Verunreinigungen wie Kreatinin, Dicyandiamid und Dihydro1,3,5 triazin.

ZePräDo \* Deutsche Sporthochschule Köln \* 50933 Köln



Zentrum für präventive Dopingforschung  
 Deutsche Sporthochschule Köln  
 Carl-Diem-Weg 6  
 50933 Köln  
 Ansprechpartner: Dr. M.K. Parr  
 TELEFON: +49-221-4982 4960  
 TELEFAX: +49-221-4973236  
 E-mail: m.parr@biochem.dshs-koeln.de

KÖLN, 04.12.2006

### Analysenbericht S2006003440

Im Auftrag der Firma Synergen AG, Steinhausen, haben wir die unten aufgeführten Produkte, Eingang 16.11.2006, auf anabol-androgene Steroide überprüft:

| Labor-Nr. | Produktname    | Ch-B     | MHD     | Kurzbeschreibung                                                                 |
|-----------|----------------|----------|---------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 40 387/06 | Podium Kreatin | 81630604 | 09/2010 | Farbloses, kristallines Pulver in weißer Kunststoffdose mit mehrfarbigem Etikett |

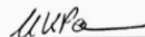
#### GC/MS-Analyse

Je 1 g von 40 387/06 wurde gas-chromatographisch/ massenspektrometrisch auf folgende anabol-androgene Steroide überprüft:

19-Nor-4-androsten-3 $\beta$ ,17 $\beta$ -diol, 19-Nor-5-androsten-3 $\beta$ ,17 $\beta$ -diol, 19-Nor-4-androsten-3,17-dion, 19-Nortestosteron, 4-Androsten-3 $\beta$ ,17 $\beta$ -diol, 5-Androsten-3 $\beta$ ,17 $\beta$ -diol, 4-Androsten-3,17-dion, Dehydroepiandrosteron (DHEA), Testosteron, 5 $\alpha$ -Androstan-3 $\beta$ ,17 $\beta$ -diol, Androstadiendion

#### Ergebnis

In Probe 40 387/06 wurde keines der o.g. anabol-androgenen Steroide über einer Konzentration von 0,01  $\mu$ g/g nachgewiesen.

  
 Dr. Maria Kristina Parr  
 (Abteilungsleiterin)

Der Analysenbericht bezieht sich ausschließlich auf die o.g. Produkte. Das Labor ist nicht verantwortlich für die Stichprobenahme.  
 Ohne schriftliche Genehmigung des Zentrums für präventive Dopingforschung der Deutschen Sporthochschule Köln darf dieser Bericht nicht, auch nicht auszugsweise, vervielfältigt oder veröffentlicht werden. Ausgenommen hiervon ist die Aufnahme in die Kölner Liste des Olympiastützpunkts Köln-Bonn-Leverkusen ([www.osp-koeln.de](http://www.osp-koeln.de)).

## Kreatin-Zertifikat

Einziges Zertifikat weltweit eines Kreatin-Produktes („Podium“ und „KreMag“) aus dem Dopinglabor der Deutschen Sporthochschule Köln (DSHS) als reines, toxisch- und dopingfreies Kreatin.

Die DSHS Köln verwendet „KreMag“ für eigene trainingswissenschaftliche motorische Belastungsstudien in verschiedenen Sportarten

## Höchste Qualitätsstufe

(AlzChem AG, Trostberg, Germany)



Creatine

**AlzChem**

**Degussa's Specification:**

Creatine Monohydrate 99.95%

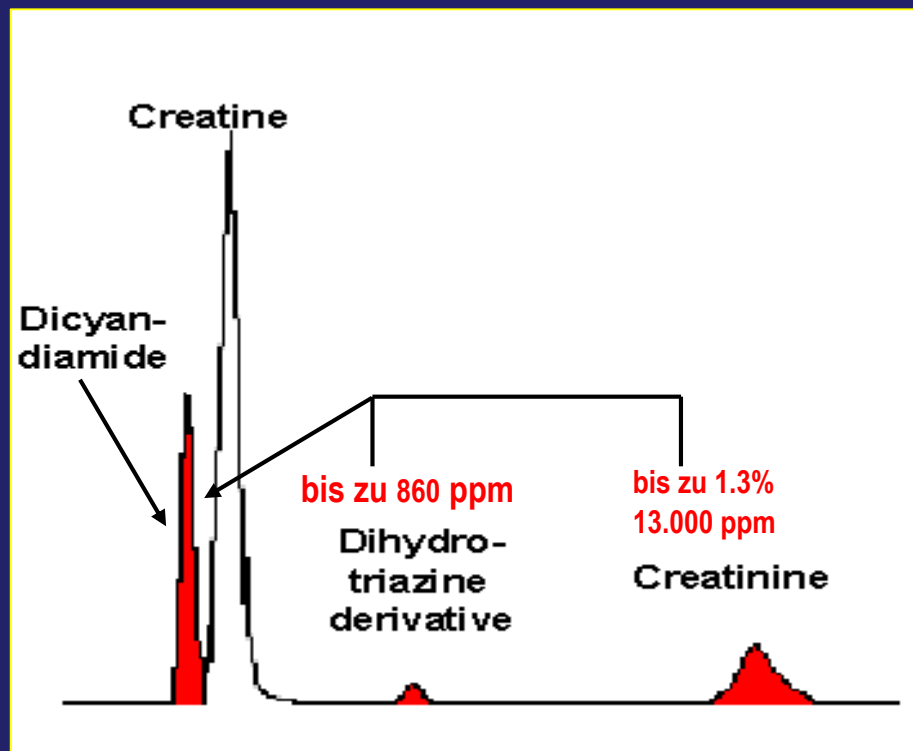
Creatinine < 100 ppm

Dicyandiamide < 50 ppm

DHT not detectable

Patentgeschützter Herstellungsprozess

## Konkurrenz-Produkte



Beispiel verunreinigtes Kreatinprodukt

## Grundsätzliches zur Kreatin- Dosierung

### Abhängig von:

- Ess- und Lebensgewohnheiten (Fleisch-/Fischkonsum; Vegetarier)
- Alter (Geschlecht?)
- Gewicht
- Körperliche und geistige Aktivität
- Breiten- / Leistungssport

### Basis für den täglichen Bedarf

- 0.03 – 0.05 g Kreatin je kg KG oder
- 3-5 g Kreatin-Monohydrat für einen Mann mit 70 kg KG

### Ladedosis

- Für eine schnelle Wirkung am Anfang eine höhere Lade-Dosis Kreatin
- Nach ca.100 g Einnahme Kreatin-Speicher gefüllt („Faustregel“)
- Ladedosis: 2-3 x 3-5 g Kreatin täglich während 7 Tagen.
- Der Körper kann mit Kreatin nicht überladen werden.  
(bei über 5 g täglich wird nicht alles resorbiert)
- Während Ladephase mehr Wasser trinken (ca.100ml pro 1g Kreatin)
- Kein Koffein in zeitlicher Nähe von Kreatineinnahme (*nicht gesichert*)
- Durch Wassereinlagerung in Muskulatur in Ladephase Gewichtszunahme individuell von 1-2kg möglich; Normalisierung in Erhaltungsphase (3-5g Kr.)

## Kreatin - Dosierung

### Abhängig von:

- Essgewohnheiten (Fleisch-/Fischkonsum; Vegetarier), Alter, Gewicht
- Breiten- / Leistungssport

### Ladephase

- Für schnelle Wirkung am Anfang eine **höhere Lade-Dosis** Kreatin
- Nach **ca. 100 g** Einnahme muskulärer Kreatin-Speicher gefüllt („Faustregel“)
- Ladedosis: **3 x 3-5 g** Kreatin täglich während **7-10 Tagen** (Schnell-Ladung)
- Während Ladephase mehr Wasser trinken (ca. 100ml pro 1g Kreatin)
- Kein Koffein, Cola, schwarzer Tee in zeitlicher Nähe von Kreatin-Einnahme
- Durch Wassereinlagerung in Muskulatur in Ladephase Gewichtszunahme von 1-2kg möglich; Normalisierung in Erhaltungsphase (3-5g Cr.)

### Erhaltungsphase

- (1-2) x 3g Kreatin / Tag bei durchschnittlicher Trainingsbelastung
- (2-3) x 3g Kreatin / Tag bei hoher Trainings- bzw. Wettkampfbelastung

## Kreatin-Dosierung

Ein maximaler Kreatin-Speicher wird bei einer Zufuhr von max.100g Kreatin angenommen (70-75 kg schwere Personen und ausgewogene Ernährung)

### Einnahme-Dosierungen

a) Erwachsene „Normalpersonen“ (s.o.) ohne extreme (sportliche) Belastungen:

- **Ladephase:** 6-9g Kreatin/Tag bzw. 3x2-3g Kreatin/Tag über 1-2 Wochen oder: 3x3g Kr/Tag über 10 Tage
- **Erhaltungsphase:** 3-6g Kreatin/Tag bzw. 1-2 x 3g Kreatin/Tag (je nach Belastung)

b) (Leistungs-)Sportler:

- **schnelle Ladephase:** 20g Kreatin/Tag über 5 Tage  
                                           oder: 12g Keatinr/Tag über 8 Tage  
                                           oder: 10g Kreatin/Tag über 10Tage
- **Erhaltungsphase:** (1-2) x 3g Keatin/Tag (durchschnittliche Trainingsbelastung)  
                                           oder: (2-3) x 3g Kreatin/Tag mit besonders hohe Belastung (z.B. Trainingslager, Turniere)

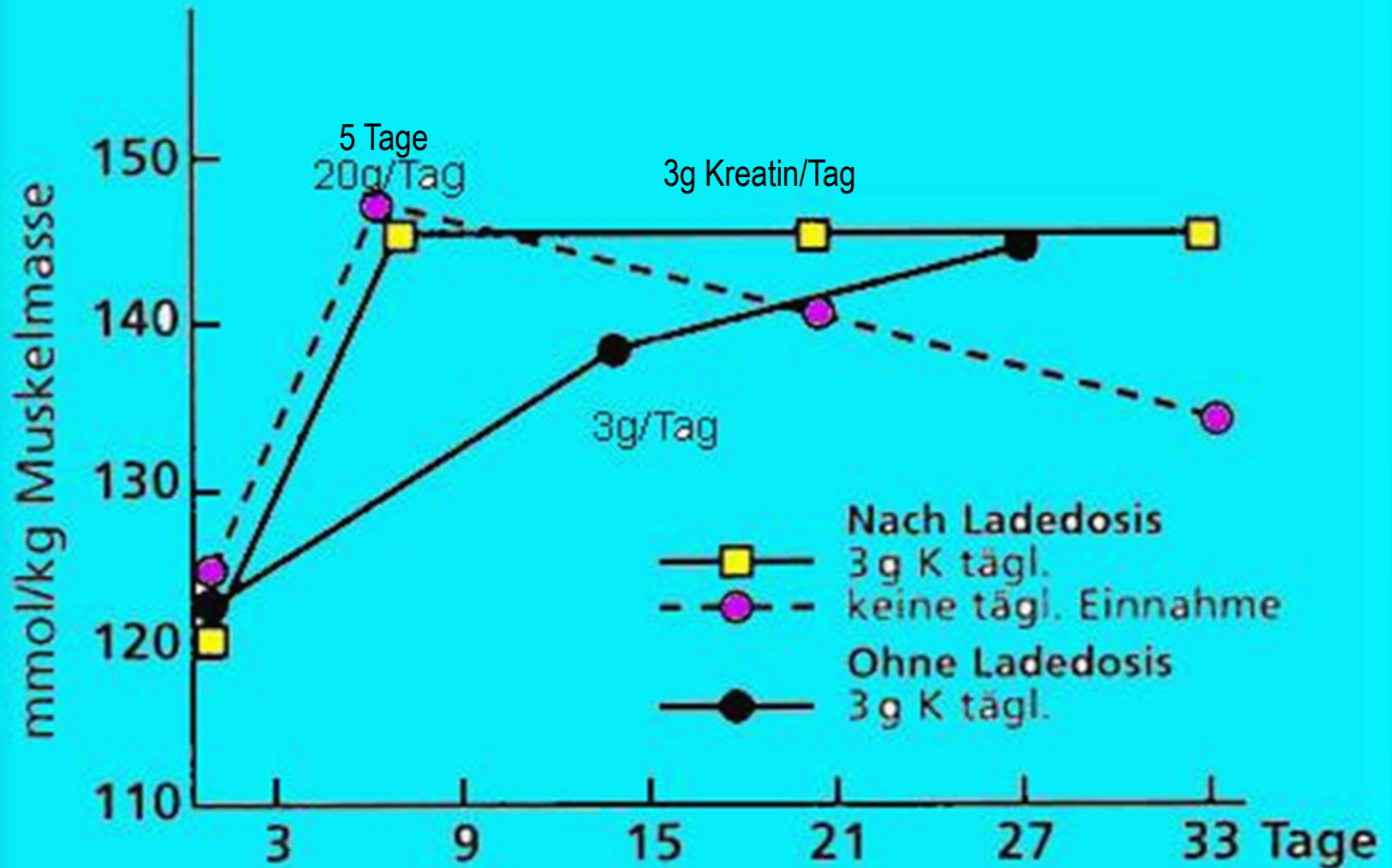
c) Patienten mit (neuro-)muskulären Erkrankungen:

- 3 x 3g Kreatin/Tag bei guter Verträglichkeit
- 1-2 x 3g Kreatin/Tag aus Erfahrung oft zu wenig

Hinweis:

- Bei deutlicher Gewichtsabweichung Dosierungsanpassung !
- Einzeldosen auf morgens, mittags und frühabends verteilen !

## Unterschiedliche Kreatin – Lade - Zeitverläufe



**Schnell- u. Langsam-Kr-Ladung u. weiterer Verlauf**

1. Ein maximaler Kreatin-Speicher wird bei einer Zufuhr von max.100g Kreatin angenommen (70-75 kg schwere Personen und ausgewogene Ernährung)
2. Einnahme-Dosierungen für Erwachsene „Normalpersonen“ (s.o.) ohne extreme (sportliche) Belastungen:
  - Ladephase: 6-9g Kreatin / Tag bzw. 3x2-3g Kreatin / Tag über 1-2 Wochen  
oder: 3x3g Kreatin / Tag über 10 Tage
  - Erhaltungsphase: 3-6g Kreatin / Tag bzw. 1-2x3g Kreatin / Tag (je nach Belastung)
3. Einnahme-Dosierungen für (Leistungs-)Sportler:
  - (schnelle) Ladephase: 20g Kreatin / Tag über 5 Tage  
oder: 12g Kreatin / Tag über 8 Tage  
oder: 10g Kreatin / Tag über 10Tage
  - Erhaltungsphase: (1-2)x3g Kreatin / Tag (durchschnittliche Trainingsbelastung)  
oder: (2-3)x3g Kreatin / Tag (bes. hohe Belastung: Trainingslager, Turniere)
4. Patienten mit (neuro-)muskulären Erkrankungen:
  - 3x3g Kreatin / Tag bei guter Verträglichkeit (1-2x3g Kreatin / Tag aus Erfahrung oft zu wenig)

**Hinweis:**

- Bei deutlicher Gewichtsabweichung Dosierungsanpassung !
- Einzeldosen auf morgens, mittags u. frühabends verteilen !

## Anwendungsempfehlungen von Kreatin (Kr)

5. Optimale Wirkung auf Muskeln nur bei gleichzeitigem Muskeltraining !
6. **Erhöhte** Kr-Aufnahme durch gleichzeitige Aufnahme kohlenhydratreicher Mahlzeit
7. **Gleichzeitige** Aufnahme von Kr+KH nach Training erhöht die Aufnahme von Kr und KH stärker als bei getrennter Aufnahme
8. Kr-Einnahme z.B. in Joghurt, Milch, Müsli, (Orangen)Saft, Wasser u.ä.
9. Kr zusammen mit Kaffee, Schwarztee oder Coca-Cola **hemmt** die Kr-Aufnahme in die Zellen (mindestens 2 Stunden Zeitdifferenz)
10. Unterschiedliche interindividuelle Wirkung von Kr vom (Hoch)Responder bis Nonresponder. Bandbreite von (sehr) hoher bis relativ geringer Kr-Sensitivität. **Individuelle Ansprechbarkeit** auf Kr beachten (genetischer, trainingszustands- und ernährungsbedingter Einfluss)
11. Anfänglich hohe, positive Effekte können über mehrere Wochen bis Monate nachlassen. Nach 3 Monaten Kr-Gabe Pause von 1 Monat. Wiederbeginn mit voller oder verminderter Ladedosis. Notwendigkeit der Pause **wissenschaftlich nicht belegt !**
12. Nur **chemisch reinstes** Kr ohne **toxische** Rückstände bei der Kr-Synthese ist gesund !!
13. Kr wird synthetisch als Kr-Monohydrat hergestellt. Das deutsche Qualitätsprodukt „**creapure**“ hat einen 99,9%igen Reinheitsgrad! (siehe Kreatin-Reinheitszertifikat von deutschem „creapur“ als Basis von Schweizer Produkt „CreMag“; siehe oben))

## Besondere Anwendungsempfehlungen von Kreatin

### Bei Fußballturnieren

- besonders hohe Leistungsqualität und Leistungsdichte in kurzer Zeit
- relativ geringe Regenerationszeit – mental und physisch

### In „englischen“ Wochen

verkürzte Regenerationszeit (!)

### Im Trainingslager

- große Leistungsdichte (bis 3x tägliches Training + „Trainings“-Spiele)
  - u.U. sehr geringe Regenerationszeit
  - bietet beste Gelegenheit, nach Kreatin-Gabe die individuelle Kreatin-Sensitivität (Hoch-) Responder bis Nonresponder) durch Beobachtung und Befragung über 10-14 Tage zu kontrollieren um eine evtl. notwendige, individuelle Kreatindosierung festzulegen (besondere Kontrollperson !)
- Beginn einer Kreatin-Anwendung im Trainingslager sinnvoll (Profimannschaften)!!

## Athletenaufklärung

durch Sportverbände, Trainer und Betreuer

Hohes Gesundheits- und Dopingrisiko durch billiges, oft mit anabolen Prohormonen kontaminiertes Kreatin im Internet.

Trainer, medizinische Betreuer und Sportverbände müssen sich im Rahmen ihrer obliegenden Fürsorgepflicht bemühen, mit kompetenten Sachverständigen die Athleten über Produkt und Umgang mit Kreatin aufzuklären (!!)

Eine solche Aufklärung sollte grundsätzlich auch im Breitensport und Jugendbereich erfolgen.

## Eine grosse Zukunft für Kreatin mit großem sozio-ökonomischem Potential

### Gesundheitsprävention

- für die Gesunderhaltung des skeleto-muskulären Apparates
- zur Unterstützung des Gehirn-Metabolismus
- als Hilfstherapeutikum für diverse muskuläre, neuromuskuläre und neurodegenerative Krankheiten

### Leistungs(orientierter)Sport

- Leistungssteigerung in (Schnell-)Kraft-, Ausdauer- und Sportsportarten
- verbesserte mentale Leistung und Regeneration

### Geriatric:

- Mentale und körperliche Leistungsanhebung älterer Menschen

Die bezugsdefinierten Anwendungsbereiche von **Kreatin** gelten in gleicher Weise auch für den individuellen **Mikronährstoff**-Status (siehe Forschungsarbeiten von Prof. Dr. Elmar Wienecke)

## Eine grosse Zukunft für Kreatin mit großem sozio-ökonomischem Potential

### Gesundheitsprävention

- für die Gesunderhaltung des skeleto-muskulären Apparates
- zur Unterstützung des Gehirn-Metabolismus
- als Hilfstherapeutikum für diverse muskuläre, neuromuskuläre und neurodegenerative Krankheiten

### Leistungs(orientierter)Sport

- Leistungssteigerung in (Schnell-)Kraft-, Ausdauer- und Sportsportarten
- verbesserte mentale Leistung und Regeneration

### Geriatric:

- Mentale und körperliche Leistungsanhebung älterer Menschen

Die bezugsdefinierten Anwendungsbereiche von **Kreatin** gelten in gleicher Weise auch für den individuellen **Mikronährstoff**-Status (siehe Forschungsarbeiten von Prof. Dr. Elmar Wienecke)

## Märchenstunde



# KREATIN

## MÄRCHEN – MYTHEN - FEHLMEINUNGEN

### 1. Kreatin (Kr) verursacht Muskelkrämpfe und Muskelverletzungen

Nachweislich führt normaldosierte Kr-Zufuhr (3-5g/Tag) auch über längere Zeit zusammen mit Muskeltraining nur in Einzelfällen zu Krampfneigung und zu keinen kreatinininduzierten Muskelverletzungen. Gelegentliche Krämpfe treten allenfalls in der sog. Ladephase mit maximal 20g/Tag über 5-7 Tagen auf. In dieser Phase sollte die Flüssigkeitszufuhr erhöht werden und - wenn notwendig – mit 100-300mg Magnesium / Ereignis .

*(Greenwood M, Kreider RB, Greenwood L, Byars A (2003) Dalbo VJ, Roberts M, Kerksick C. Stout J (2008)*

### 2. Langzeiteinnahme von Kreatin ist schädlich

Der Körper kann mit Kreatin nicht überladen werden; zuviel Kreatin wird ungenutzt als Kreatinin über die Nieren ausgeschieden; Langzeiteinnahme bei bis 5g/Tag erweist sich nach wissenschaftlicher und praktischer Befundlage als ungefährlich und sicher.

*(Kreider RB, Melton CH, Rasmussen J et al. (2003)*

### 3. Kreatin verursacht Nierenschäden

Kreatin wird metabolisiert als Kreatinin über die Nieren ohne Belastung und Schäden ausgeschieden. Es wird angenommen, dass Kreatin sogar die glomeruläre Filtrationsrate verbessert.

*(Gualano B, Ugrinowitsch C, Novaes RB, Artioli GG, Shimizu MH, Seguro AC, Harris RC, LanchaAH Jr (2008)*

### 4. Für Ausdauersportler kontraproduktiv und nicht leistungswirksam

Die Einnahme von Kr+Kohlenhydrate (KH) führt zu höherem Speicher von Kr und KH im Vergleich zur Monoeinnahme von Kr und KH. Für Ausdauerleistung steht ein höherer und längerer Energiespeicher zur Verfügung. Dazu kommt die schnellere Erholung und die Erhöhung der Ermüdungsschwelle durch Kr. Z.B. Marathonläufer und Radsportler (Kraftausdauer) profitieren besonders bei Tempowechseln, Bergauffahrten. Zahlreiche Praxisberichte!

*Smith AE, Walter AA, Herda TJ, Ryan ED, Moon JR, Cramer JT, Stout JR (2007) Zoeller RF, Stout JR, O'kroy JA, Torok DJ, Mielke M (2007) Nelson AG, Day R, Hegsted M, Kokkonen J, Sampson B (2000) Rico-Sanz J (2000) Rico-Sanz J, Mendez MT (2000)*

# KREATIN

## MÄRCHEN – MYTHEN - FEHLMEINUNGEN

### 5. Hohe Gewichtszunahme

Während der „Ladephase“ mit erhöhter Kr-Zufuhr ist mit einer relativ geringen Gewichtszunahme von 1-2kg durch muskuläre Wassereinlagerung zu rechnen; danach wird der Wassergehalt und das Gewicht wieder normalisiert. Die Wassereinlagerung geschieht durch den Transporter Natrium-Chlorid, der Kr in die Zellen transportiert. Jedes Kr-Molekül lagert gleichzeitig Natrium u. Chlorid in die Muskelzellen. NaCl zieht Wasser in die Zellen und erhöht damit kurzfristig den Muskeltonus und das Körpergewicht. Die weitere Einnahme stimuliert die Muskelproteinsynthese mit Vergrößerung der Muskelmasse und Muskelfaserquerschnitt.

*Deldicque L, Louis M, Theisen D, Nielens H, Dehoux M, Thissen JP, Rennie MJ, Francaux M (2005)*

*Deldicque L, Theisen D, Bertrand L, Hespel B, Hue L, Francaux M (2007)*

*Deldicque L, Atherton P, Patel R, Theisen D, Nielens H, Rennie MJ, Francaux M (2008)*

*Kerksick CM, Rasmussen C, Lancaster S, Starks M, Smith P, Melton C, Greenwood M, Almada A, Kreider R (2007)*

*Volek JS, Ratamess NA, Rubin MR, Gomez AL, French DN, McGuigan MM, Scheett TP, Sharman MJ, Häkkinen K, Kraemer WJ (2003)*

*Volek Js, Duncan Nd, Mazzetti SA, Staron RS, Putukian M, Gomez AL, Pearson DR, Fink WJ, Kraemer WJ (1999)*

### 6. Notwendige Einnahmepausen

Aus gesundheitlichen Gründen besteht keine Notwendigkeit zur Pause. Nach ca.10-12 Wochen Kr-Einnahme wird ein Gewöhnungseffekt angenommen und 4 Wochen Einnahmepause empfohlen. Für bestimmte Personen (Vegetarier, gestresste und ältere Menschen) wird eine Langzeiteinnahme empfohlen.

*Tarnopolsky M, Parise G, Min-Hua Fu et al. (2003)*

### 7. Nicht für Kinder und Jugendliche geeignet

Grundsätzliche, wissenschaftlich- und erfahrungsgeleitete, gesundheitliche Bedenken liegen nicht vor (2008). Dennoch wird Zurückhaltung angeraten. Für eine Applikation spricht, dass Kr auch in der Muttermilch vorkommt. Bestimmte Krankheitsbilder (Kr-Defizienz-Syndrom, Muskelschwäche, Mangelernährung, Entwicklungsstörungen, Autismus, Gehirnverletzungen u.a.m.) können durch Kr vermindert oder vermieden werden.

*Sakellaris et al. (2006), Schulze A (2003), Bonhorst B, Geuting T, Peter CS, Dördelmann M, Wilken B, Poets CF (2004)*

## KREATIN

### MÄRCHEN – MYTHEN - FEHLMEINUNGEN

#### 8. Kreatin verursacht häufig Blähungen und Durchfall

Bei Normaldosierung (3-5g/Tag) und bei reiner (!) Kreatin-Qualität sind solche Nebenwirkungen extrem selten und mit Zugabe von Maltodextrin und Dextrose ausgeschlossen. Vorkommen dieser Art basieren i.d.R. auf Nichtbeachtung der genannten Voraussetzungen.

*Bizzarini E, De Angelis L (2004); Poortmans JR, Francaux M (2000)*

#### 9. Kreatin als Einstiegsdroge

Kreatin wirkt zwar leistungssteigernd, hat aber keine (!) bewußtseinsverändernde Wirkung. Es gibt keinen Nachweis, dass Kreatin-Konsum durch Jugendliche und Erwachsene zu vermehrter Drogensüchtigkeit führt. Dann müsste erhöhter Fleisch und Fischkonsum auch zur Drogensucht führen. Ein Bedürfnis zu vermehrtem Fleisch- und Fischkonsum und damit auch zu Kreatin entspringt aus einer genetischen „Erblast“ (ca. 2-4%) unserer prähistorischen Vorfahren als überwiegende Fleischesser (homo neandertalensis)

*McGuine TA, Sullivan JC, Bernhardt DT (2001); Mayo Clin Proc. (2000)*

#### 10. Kreatin gehört auf die Liste der Dopingsubstanzen aufgrund seiner nachgewiesenen multiplen Leistungssteigerung besonders auf der konditionsmotorischen Leistungsebene im Wettkampfsport wie z.B. reine Lauf- und Sportsportarten (z.B. Fußball)

Als nichtpharmakologisches Nahrungsergänzungsmittel reicht die körpereigene Produktion zur Ausübung von Wettkampf- / Leistungssport nicht aus. Der Kreatinmetabolismus ist nicht nur ein physiologisches „Instrument“ zur bedarfsadäquaten Leistungssteigerung, sondern auch zur Regulierung, Minderung und Schutz vor gesundheitsschädlicher Überlastung. Leistungsvergleich ist ein evolutionäres Urmerkmal des Menschen. Der oben dargestellte Cr/PCr –Shuttle in seiner Energiespeicher- und Transportfunktion ermöglicht dem Menschen mit ethisch vertretbaren und fairen Mitteln (Leistungs-) Sport zu treiben. Kreatin ist keine Dopingsubstanz im pharmakologischen Sinne und gehört auf keine Dopingliste!

*H: Allmann*

## KREATIN

### MÄRCHEN – MYTHEN - FEHLMEINUNGEN

#### 11. Irrtümer aus der Ernährungswissenschaft

„Kreatin kann bei einem 100m-Lauf oder beim Kugelstoßen hilfreich sein. Einem Ausdauer- oder Freizeitsportler bringt es aber garnichts“.

Prof. Dr. Groneuer, Ernährungswissenschaftler an der Fachhochschule Münster

Zitiert nach Christian Krumm in „Zweifelhafte Kraftlieferanten“. Apotheken Umschau, 15. Mai 2013, 28-29

#### 12. „Kreatinpräparate und andere vermeintlich leistungssteigernde Nahrungsergänzungsmittel haben abgesehen von einer Placebo-Wirkung keine ernährungsphysiologische Bedeutung“.

Antje Gahl, Deutsche Gesellschaft für Ernährung

Zitiert nach Christian Krumm in „Zweifelhafte Kraftlieferanten“. Apotheken Umschau, 15. Mai 2013, 28-29

## EXKURS

### Kreatin in der Evolution des Menschen und in der Frühzeit des homo erectus

mit einem kurzen evolutionsgeschichtlichen Überblick vom  
Zeitalter des Neandertalers bis zum heutigen Menschen.

## Kreatin in der Evolution des Menschen

Entwicklungsgeschichtlich war Fleisch und Fisch und damit auch Kreatin ein wesentlich höherer Anteil der täglichen Nahrung als bisher angenommen (Richards MP, 2008; Broadhurst et al., 1998).

Das Skelett des **Neandertalers** (42.000 J.v.Chr.), ausgegraben 1856, zeigt nach Knochen-Isotopen-Analyse eine **ausschließliche Fleischernährung**, ebenso wie andere, prähistorische Hominiden dieses Zeitalters. Die Formel „Jäger und Sammler“ muss hier deutlich auf „Jäger“ eingeschränkt werden! (Richards MP, Schmitz RW, 2008)

Man nimmt an, dass die Hominiden dieser Zeit mehr als 1-3kg Fleisch und/oder Fisch/Tag, dh. 5-15g und mehr Kreatin/Tag verzehrten. Der evolutionäre Pfad des prähistorischen Hominiden war eng mit hochqualitativer Fleisch und Fischnahrung und damit **hoher Kreatinaufnahme** verknüpft.

Der in der Evolution des Menschen verschwundene Neandertaler hatte das größte je rekonstruierte Gehirnvolumen im Vergleich zum zeitparallelen homo sapiens und auch zum heutigen Menschen mit fleischreduzierter Nahrung; zahlreiche Studien belegen den ausprägenden Einfluss von Kreatin auf Entwicklung, Wachstum und Qualität des Gehirns (Milton K, 2003).

Entwicklung und Wachstum des menschlichen Gehirns war evolutionsgeschichtlich erheblich von Fleisch- und Fischnahrung als Quellen von Kreatin, Protein, Fettsäuren, Vitaminen und Mineralien abhängig (Milton K, 2003).

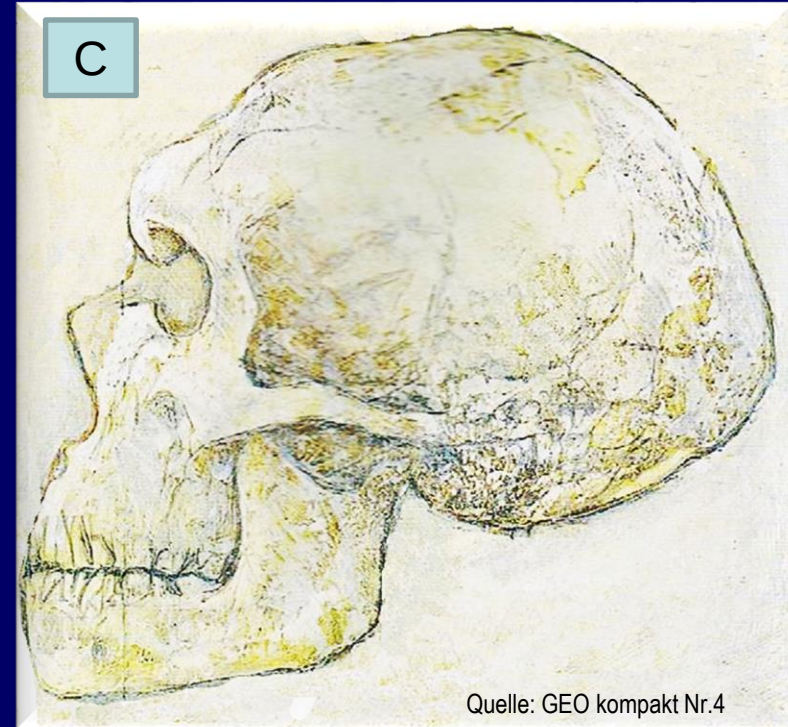
Die evolutionsgeschichtliche Entwicklung des menschlichen Gehirns des homo erectus war in hohem Maße von **Fleisch-** und **Fisch-nahrung** abhängig. Für eine höhere Intelligenz musste der Schädel wachsen und das Gehirn ausdifferenzieren. Dies geschah primär über Fleisch als Hauptnahrungsmittel in der menschlichen Evolution und damit über eine **hohe Zufuhr von Kreatin**. Der homo erectus vor ca. 1,8 Mill. Jahre hatte eine Gehirnmasse von ca. 1000 cm<sup>3</sup> - heute 1400-1500 cm<sup>3</sup>. Frühe Hominidengehirne waren im Vergleich zu heute nur ½ so groß.

Raubtiere haben eine größere Gehirnmasse als reine Pflanzenfresser durch höhere Kreatinaufnahme.

## Kreatin in der Evolution des Menschen



Quelle: GEO kompakt Nr.4



Quelle: GEO kompakt Nr.4

**A + C:** Neandertaler-Schädel mit einer Gehirnmasse von bis  $1750 \text{ cm}^3$  im Vergleich mit **B:** Schädel eines Homo sapiens bzw. Cro-Magnon-Mann mit Gehirnmasse von ca.  $1400 \text{ cm}^3$ , identisch mit dem heutigen Menschen. Neandertaler und Homo sapiens (seit 195.000 J. vor unserer Zeit) lebten **zeitgleich über Jahrzehntausende** neben- oder miteinander. Homo sapiens war Jäger und Sammler und seit rund 10.000 Jahren Ackerbau und Viehzucht. Daraus erklärt sich der morphologische Unterschied von Gehirn und Körper.

Der Neandertaler als **reiner** Jäger mit relativ hoher täglicher Kreatinaufnahme (5-15g u. mehr) bestätigt eindrucksvoll moderne Studien über den ausprägenden Einfluss von Kreatin auf die Entwicklung des Gehirns.

Evolutionsgeschichtlich dem Neandertaler (von 200.000 – 27.000 Jahre vor unserer Zeit) vorausgehende Hominiden – i.d.R. alle Jäger und Sammler - erreichten nur eine Gehirnmasse von  $1200 \text{ cm}^3$ .

## Schädel eines Neandertalers (Homo neandertalensis) ca. 42.000 J. v. Chr.



Ausgestorben vor ca. 39.000 Jahren

Durch genetische Vermischung des Homo sapiens mit dem Neandertaler wird beim heutigen Menschen eine Erbgut-Verwandtschaft von ca. 2-4% angenommen. Neuere Untersuchungen sprechen nur von 1-2% (2022)

Die DNA-Analyse eines 37000-42000 Jahre alten , in Rumänien gefundenen, Kieferknochens eines homo sapiens zeigen eine 6-9 %ige DNA eines Neandertalers. Dieser mögliche „Urenkel“ eines Neandertalers zeigt, dass beide Hominidengruppen gemeinsame Nachkommen hatten.

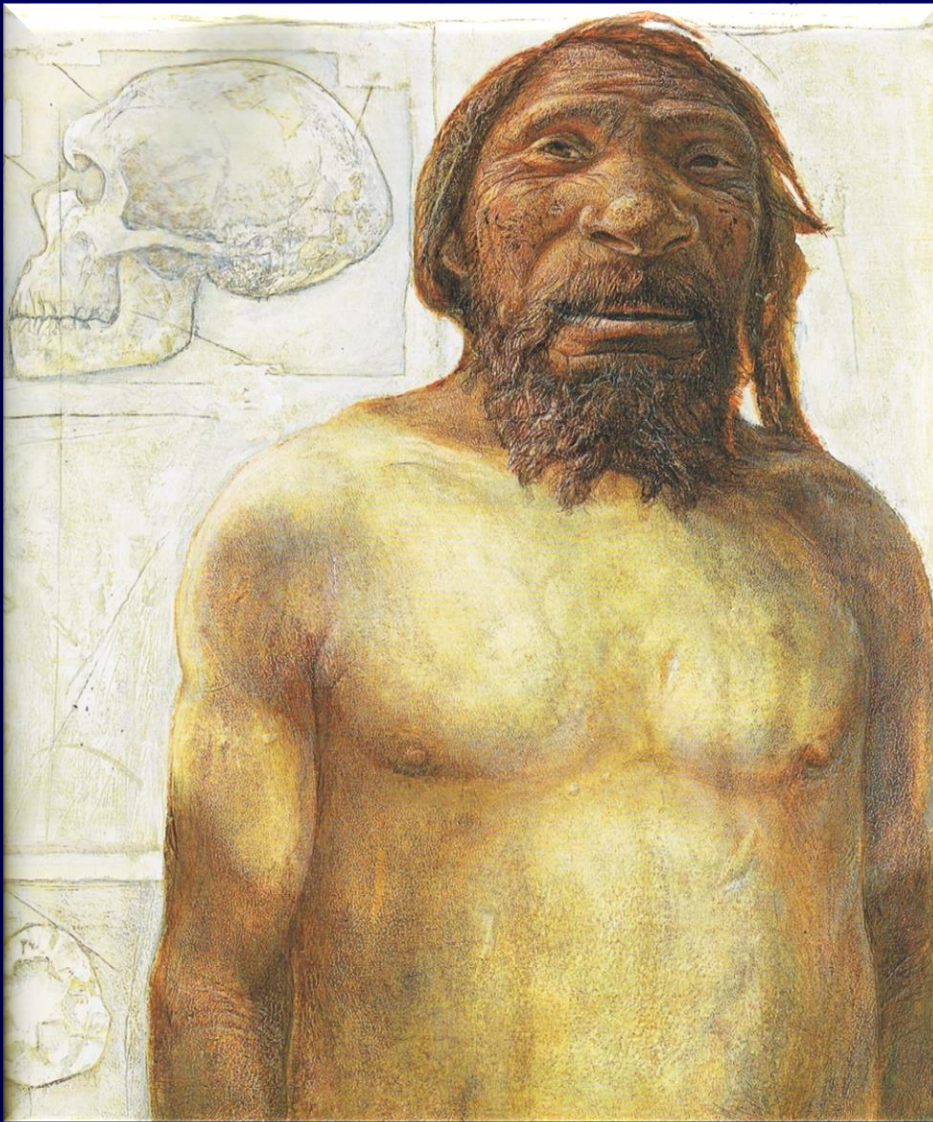
Quelle: Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie, Leipzig

Der Neandertaler entwickelte sich in Süd-, Mittel- und Osteuropa in Parallelgesellschaft mit Homo sapiens (entspricht dem heutigen Menschen) aus gemeinsamen afrikanischen Vorfahren der Gattung „Homo“

Älteste Funde ca. 130.000 bis 120.000 Jahre alt. Annahme: Neandertaler war ca. 300.000 Jahre auf der Erde

Fund des „deutschen“ Neandertalers im Neandertal zwischen Erkrath und Mettmann, einem Talabschnitt der Düssel

## Kreatin in der Evolution des Menschen



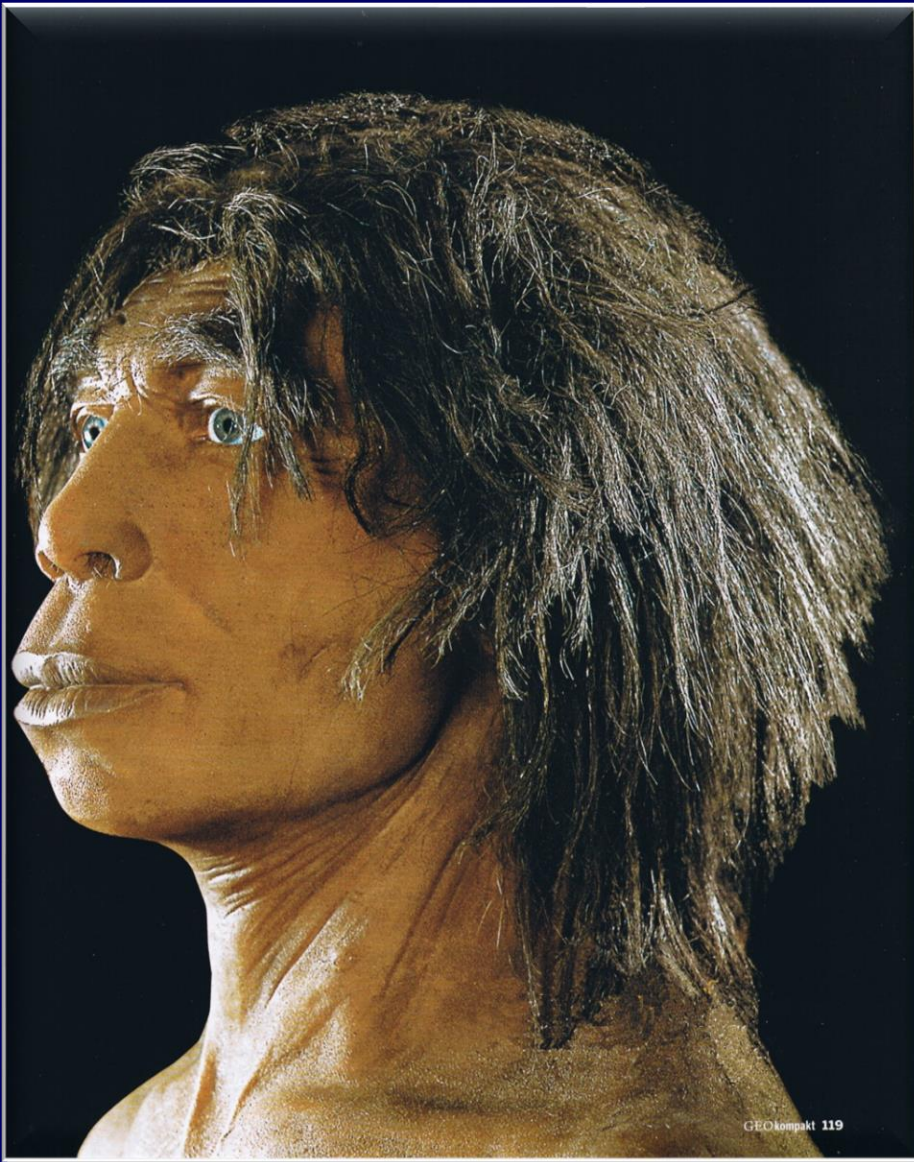
Kräftiger Knochen- und robuster Körperbau, muskulös, ca. 166cm groß, 80kg KG, tonnenförmiger Brustkorb, gedrungene Gliedmaße, mit Abstand **größtes Hirnvolumen** der gesamten, menschlichen Evolution bis heute. Morphologischer Gegensatz zu Homo sapiens.

Evolutionsgeschichtlich vermutlich der einzige **NUR-Jäger und NUR-Fleisch- und Fischesser**. Die dadurch täglich relativ **hohe KREATIN-Aufnahme** führte zu diesen morphologischen Ausnahmemerkmale der gesamten Evolution und somit zu hoher physischer Leistungsfähigkeit für eine erfolgreiche Jagd.

Heutige Kreatinzufuhr mit synthetischem Kreatin + Training fördert ebenso das Muskelwachstum, die körperliche Leistung via Ausdauer und (Schnell-)Kraft, sowie einen positiven Einfluss auf Herz, Gehirn und Knochen. Die heutigen erfahrungs- und wissenschaftsbegründeten Erkenntnisse über KREATIN erklären das Ausnahme-Phänomen „Neandertaler“. Mit Kreatin nähert sich der heutige Leistungssportler muskelmorphologisch dem Neandertaler.

Neandertaler (homo neandertalensis, vor 200.000-27.000 J.), lebte über 170.000 J. im heutigen Europa bis Vorderasien. Vor 100.000 J. Beginn der Parallelexistenz mit Homo sapiens und späterem Cro-Magnon-Mensch, anatomisch identisch mit heutigem Menschen.

## Kreatin in der Evolution des Menschen



Rekonstruierter Kopf eines Neandertalers

Homo neandertalensis; 200.000-27.000 J.ahre vor unserer Zeit

Neandertaler ist nicht direkter Vorfahre des heutigen Menschen mit deutlicher Erbgutabweichung.

Neandertaler war als reiner Fleisch- und Fischesser ein evolutionäres Auslaufmodell und wurde nur 30-40 J. alt.

Nach bis heute noch ungeklärten, schnellem Aussterben der Neandertaler übernahm der Cro-Magnon-Mensch (benannt nach Fundhöhle in Frankreich) - anatomisch mit dem heutigen Menschen identisch - die Herrschaft über den europäischen Kontinent.

Hypothesen zum „plötzlichen“ Verschwinden des N. vor ca. 39.000 Jahren: Existenzkämpfe mit Cro-Magnon-Mensch (bessere Technik, zahlenmäßige Überlegenheit, geringere Geburtenrate des Neandertalers). Eine weitere Vermutung ist ein Klimaschock durch den Ausbruch eines Supervulkans in der Bucht von Neapel mit tiefen Temperaturen auch im Lebensraum der Neandertaler.

Der Neandertaler ist der einzige „Kronzeuge“ über rund 200.000 Jahre für die, zumindest in Teilen, morphologisch-phänotypische Wirkung einer relativ hohen Kreatin-Zufuhr über natürliche Nahrung Fleisch und Fisch.

Im Sinne der heute zu Unrecht geführten Dopingdiskussion bzgl. Kreatin waren die Neandertaler ein über rund 200.000 Jahre „gedoptes“ Volk.

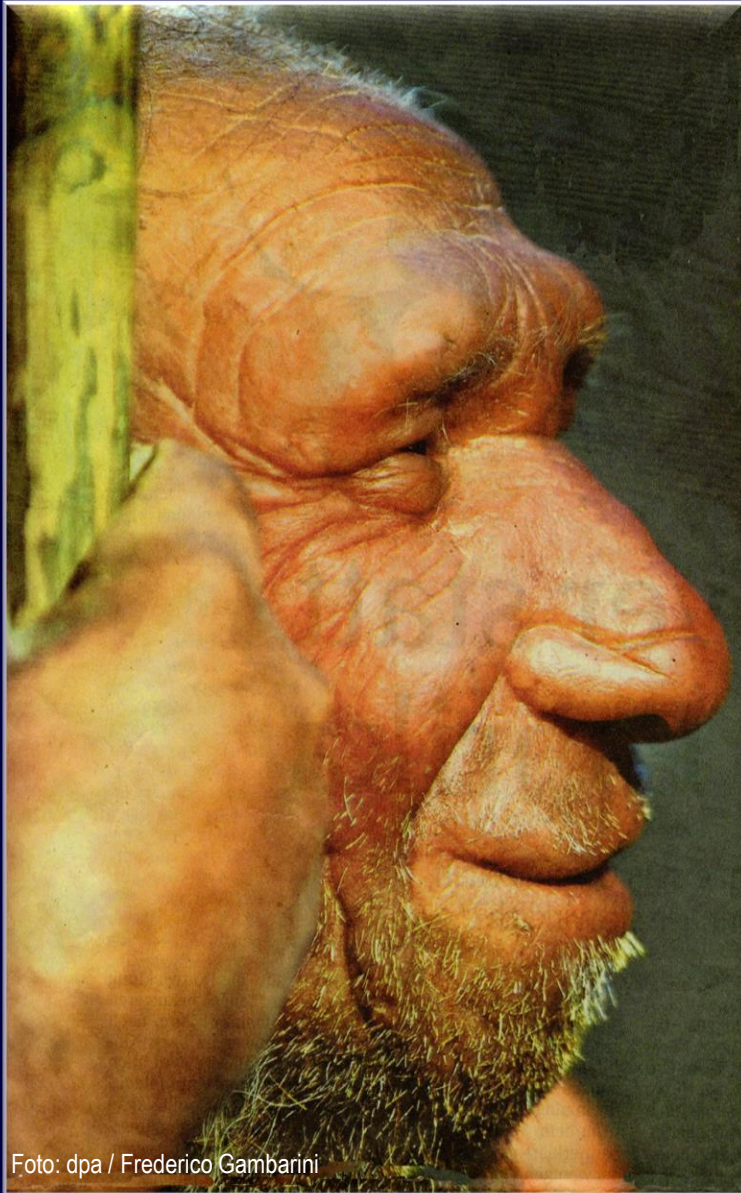


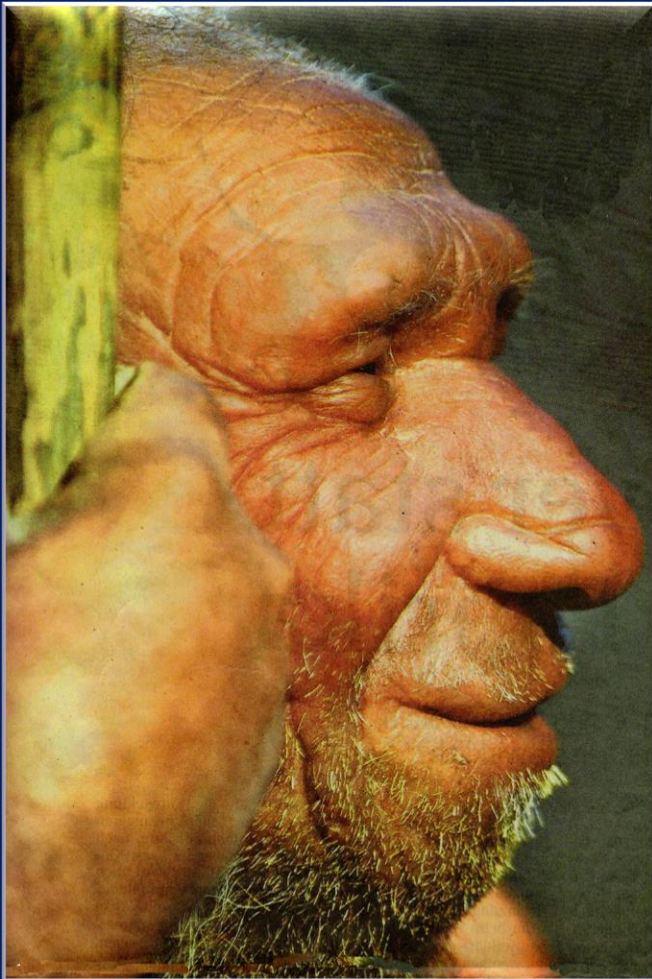
Foto: dpa / Frederico Gambarini

Der Neandertaler (*Homo neanderthalensis*) lebte über 200.000 Jahre im heutigen Europa bis Vorderasien und verschwand vor ca. 39.000 Jahren für immer. Vor mehr als 45.000 Jahren wanderte eine „neue“ Menschenrasse (*Homo sapiens*) aus Afrika nach Norden mit Beginn einer Parallelexistenz des Neandertalers mit dem *Homo sapiens*, dem späteren Cro-Magnon-Mensch (Fundhöhle in Frankreich), anato-misch gleich mit den heutigem Menschen.

Leipziger Forscher vom Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie (EVA) erforschten die Begegnungen zwischen Neandertalern (siehe Rekonstruktion) und den aus Afrika eingewanderten „modernen“ Menschen, in deren Erbgut sie durch intime Kontakte Erbgutspuren von Neandertalern fanden.

Aus den 1950 gefundenen Überresten einer Frau in einer Höhle im Berg Zlaty kun in Tschechien konnte aus dem Knochenmehl des Schläfenbeins die DNA ermittelt werden und die Frau den afrikanischen Einwanderern zuordnen. In ihrem Erbgut konnten ca.3% Neandertalerspuren gefunden werden. Vergleichbares Erbgut von Neandertalern besitzen auch die Europäer des 21. JH.

## Evolutionsgeschichtlicher Zeit- und Lebensraum des Neandertalers – kurzgefasste Übersicht



Es kann deshalb angenommen werden, dass der aus Afrika eingewanderte „homo sapiens“ im osteuropäischen Raum auf den Neandertaler traf und durch intime Beziehungen zwischen beiden vor ca. 50.000 Jahren ein Teil der Neandertaler-DNA in die DNA der meisten Menschen unserer heutigen Zeit übertragen wurde.

Der Wanderungsbeginn des homo sapiens von Süden nach Norden wird von einigen Autoren vor 60.000 Jahren angenommen.

Hypothesen zum „plötzlichen“ Verschwinden des Neandertalers vor ca. 39.000 Jahren: Existenzkämpfe mit modernen Cro Magnon-Menschen (bessere Technik, zahlenmäßige Überlegenheit, geringere Geburtenrate des Neandertalers). Eine weitere Vermutung für das Verschwinden des Neandertalers und etlicher Linien des modernen Menschen in deren Lebenszeit vor etwa 39.000 Jahren war der Ausbruch eines Supervulkans in der Bucht von Neapel mit erheblichen Folgen. Die Temperaturen auch in weiten Teilen Europas sanken um mehrere Grad für einige Jahre. Dieser Klimaschock könnte die Ursache für das Verschwinden der Neandertaler und weiterer homo Sapiens-Linien gewesen sein (Kay Prüfer et al., EVA Leipzig; siehe vorige Folie). Das plötzliche Verschwinden der Neandertaler kann nur hypothetisch angenommen werden.

## Kreatin in der Evolution des Menschen

Die Kombination von Hochqualitäts-Nahrung (Fleisch u. Fisch) und hohem täglichen Energie-Budget beeinflusste das Embryowachstum der prähistorisch schwangeren Frau im Sinne eines größeren Körpergewichts, sowie einer größeren Gehirnmasse im Vergleich zu anderen Primaten (Ulijaszek SJ, 2002).

„Evolutionsgeschichtlich scheint gerechtfertigt, dass bei der heutigen Ernährungskultur mit zunehmend vegetarischer und veganer Ernährung Kreatin-Supplementation zu den Ernährungserfordernissen des heutigen Menschen gehört - abhängig von der täglich eingenommenen Fleisch und/oder Fischmenge“ (Brosnan JT, Brosnan ME, 2007).

### Literatur

1. Milton K (2003)
2. Broadhurst et al. (1998)
3. Ulijaszek SJ (2002)
4. Brosnan JT, Brosnan ME (2007)
5. Richards MP, Schmitz RW (2008)

- 1: Greenhaff P.L. et al. : Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. Am. J. Physiol. 266, 725-730 (1994)
- 2: Greenhaff P.L. et al.: The effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis, Am. J. Physiol. 1994
- 3: Heck H./Schulz H.: Ergogene Hilfen: Doping oder Substitution ? Problematisiert am Beispiel der Kreatin-Supplementation. In: Doping im Sport. Hrsg. D.Kurz / J.Mester, Köln 1997
- 4: Hobermann HD. et al.: Creatine and creatinine metabolism in the normal male adult studied with the aid of isotopic nitrogen, J Biol Chem 1948
- 5: Walker JB.: Metabolic control of creatine biosynthesis. Effect of dietary creatine, J. Biol. Chem. (1960)
- 6 : Green A.L. et al.: Carbohydrate ingestion augments skeletal muscle accumulation during creatine supplementation in humans. American J.Physiology 1996
- 7: Vandenberghe K. et al. : Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. J. Appl. Physiol. 83, 2055-2063 (1997)
- 8: Aaserud R. et al. : Creatine supplementation delays onset of fatigue during repeated bouts of sprint running. Scand. J. Med. Sci. Sports 8, 247-251 (1998)
- 9: Brönnimann M. et al.: Beneficial effect of creatine supplementation for high-intensity endurance performance. Biology and Medicine, Abstract S1-2, p32 (1998)
- 10: Volek J.S. et al. : Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. Med. Sci. Sports Exerc. 31, (1999)
- 11: Ingwall J.S.: Creatine and the control of muscle-specific protein synthesis in cardiac and skeletal muscle. Circ.Res. 38, 1976
- 12: Francaux and Poortmans J.R. : Effects of training and creatine supplement on muscle strength and body mass. Eur. J. Appl. Physiol. 80, 165-168 (1999) 26: Matthews R.T. et al. : Neuroprotective effects of creatine and cyclocreatine in animal models of Huntington's disease. J. Neurosci 18,156-163 (1998)
- 13: Sipilä I. et al.: Supplementary creatine as a treatment for gyrate atrophy of the choroid retina, New England J. Med. 304, 876-880 (1981)
- 14: Grazioli I. et al. : Multicentre controlled study of creatine phosphate in the treatment of heart failure. Curr. Ther.Res. 52, 271-280 (1992)
- 15: Ruda M.Y. et al. : Reduction of ventricular arrhythmias by phosphocreatine (Neoton) in patients with acute myocardial infarction. Am. Heart. J. 116, 393-397 (1988)
- 16: Kaldis P. et al. : " hot spots " of creatine kinase localization in brain: cerebellum, hippocampus and choroids plexus. Dev. Neurosci. 18, 542-554 (1996)

- 17: Matthews R.T. et al. : Neuroprotective effects of creatine and cyclocreatine in animal models of Huntington's disease. J. Neurosci 18,156-163 (1998)
- 18: Harris R. et al.: Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. Clinical Science 83 ( 1992 )
- 19: Bergnes G. et al.: Creatine and Phosphocreatine Analogs: Anticancer Activity and Enzymatic Analysis. Oncology 8, 121-130 (1996)
- 20: Hunter A.: The physiology of creatine and creatinine. Physiol. Rev., 2, 1922
- 21: Koster M.: Einfluss der Creatin-Supplementierung auf die Leistungsfähigkeit bei repetitiver, hochintensiver Belastung. Schweizerische Zeitschrift für „Sportmedizin und Sporttraumatologie“ 44 (4) 1996
- 22: Brönnimann M.: Einfluss der Kreatin-Einnahme auf Muskelkraft, Körpergewicht und –Fettanteil, Unveröffentlichte Studie, 1995
- 23: Earnest C.P. et al.: The effect of creatine monohydrate ingestion on anaerobic power indices, muscular strength and body composition. Acta Physiol. Scand.153,1995
- 24: Vandenberghe K. et al.: Eine längere Kreatin-Einnahme unterstützt die Effekte eines Krafttrainings auf die Intervalleistungsfähigkeit. In: Inside-Abstracts, Isostar Sport Nutrition Foundation, Vol.4 (1996) 3
- 25: Greenhaff P.L.: Creatine and its application as an ergogenic Aid. Int. J. of Sport Nutrition 5 (1995)
- 26: Balsom P.D. et al. : Creatine in humans with special reference to creatine . supplementation. Sports medicine 18, 268-280 (1994)
- 27: Engelhardt M./ Neumann G.: Creatine Supplementation in Endurance Sports. In: Med. Sci. Sports Exerc. 30, 1998
- 28: Guerrero L. and Wallimann T. : Creatine supplementation in health and disease. Effects of chronic creatine ingestion in vivo: Downregulation of the expression of creatine transporter isoforms in skeletal muscle. Mol. Cell. Biochem. 184, 427-437 (1998)
- 29: Vandenberghe K. et al.: Caffeine counteracts the ergogenic action of muscle creatine loading. J. Appl. Physiol. 80, 452-457 (1996)
- 30: Wallimann T. : Einnahme von Kreatin als mögliche Hilfstherapie für Patienten mit verschiedenen neuro-muskulären Erkrankungen. Mitteilungsblatt der Schweizerischen Gesellschaft für Muskelkranke Nr. 41. 6-9 (1997)
- 31: Wallimann T. und Brönnimann M. : Durchbruch in der Behandlung von neuro- muskulären Krankheiten? Mitteilungsblatt der Schweizerischen Gesellschaft für Muskelkranke Nr. 43, 3-11 (1997)
- 32: Walker JB.: Creatine: biosynthesis, regulation and function, In Meister A., editor, Advances in enzymology and related areas of molecular biology, New York, John Wiley 1979
- 33: Wallimann T. et al.: Intracellular compartmentation, structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands; the „phosphocreatine circuit“ for cellular energy homeostasis, Biochem J. 1992

34. Bessmann SP./Geiger PJ.: Transport of energy in muscle: the phosphorylcreatine shuttle, Science 1981
35. Bessmann SP./Savabi F.: The role of the phosphocreatine energy shuttle in exercise and muscle hypertrophy, In: Taylow AW. Et al., editors, internationalseries on sport sciences, vol.21,Champaign: Human Kinetics, 1988
36. Wyss M./Wallimann T.: 1-4 creatine metabolism and the consequences of creatine depletion in muscle, Molecular and Cellular Biochemistry 1994
37. Hultman E. et al.: Muscle creatine loading in man, Am J Appl Physiology, 1996
38. Brouns F. / Greenhaff P.L.: Kreatin: seine Rolle in Bezug auf die körperliche Leistungsfähigkeit sowie Ermüdung, Insider Jg 3 Nr.1, Isostar Sport Nutrition Foundation, 3/95
39. Tesch PA. et al.: Creatine phosphate in Fiber types of skeletal muscle before and after exhaustive exercise, J Appl Physiol 1989
40. Rossi AM. et al.: Muscle-type MM creatine kinase is specifically bound to sarcoplasmatic reticulum and can support Ca- uptake on regulate local ATP/ADP- ratios, J Bio Chem 1990
41. Brönnimann M. et al.: Einfluss der Kreatin-Supplementierung auf die Leistungsfähigkeit von Ausdauersportlern. Abstract für die Konferenz der Schweiz. Gesellschaft für Sportmedizin, vom 28. Sept.1996 in Lugano, TI
42. Salomons GS. / Wyss M. / Gajja S. (Hrsg. 2007): Creatine and Creatine Kinase in Health and Disease. In: Subcellular Biochemistry, Vol. 46, 352 Seiten, Hardcover, Springer Verlag, ISBN: 978-1-4020-6485-2; <http://www.springer.com>
43. Saks VA. (Hrsg. 2007): Molekular Systems Bioenergetics: Energy for Life, Basic Principles, Organization and Dynamics of Cellular Energetics. Wiley Publisher Co.USA, Weinheim, Germany, 604 Seiten, ISBN: 978-3-527-31787-5; <http://www.wiley-vch.de>
44. Anders RH. / Ducray AD. / Schlattner U. / Wallimann T. / Widmer HR (2008): Functions and effects of creatine in the central nervous system. Brain Research Bulletin
45. Wallimann T (2008): Mehr Energie – mehr Leistung - Kreatin – warum, wann und für wen? Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin, 5,08
46. Internet: <http://www.cell.biol.ethz.ch/structure/wallimann/wallimann.html>
47. Buford Th. et al.: Creatine supplementation and execise. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2007,4-6
48. Wallimann Th.: Funktionsweise von Kreatin. Schweiz. Med. Forum 2008, 8 (30-31):550-551
49. Pöttgen K.: Kreatin im Fußball. Medicalsports network 01.12

50. Allmann H.: Kein Doping: Einsatz von Kreatin im Fußball. In: BDFL-Journal 2013
51. Allmann H.: Kreatin im Fußball. Vortrag BDFL-Fortbildung für Fußballtrainer, München März 2005
52. Allmann H.: Kreatin nur für Spitzenathleten. In: Leichtathletik Konkret, 2000, G 4492, Nr. 6
53. Wallimann Th.: Kreatin – warum, wann und für wen? Mehr Energie – mehr Leistung. Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin, 5/08 (S. 29-40)
54. Wallimann Th.: Nicht nur für gesunde Menschen – Kreatin in der Rehabilitation. In: MedicalSportsNetwork 5, 2012
55. Schedel JM. et al.: J. Sports Med. Phys. Fitness 40: 2000, 336-42
56. Volek JS. et al.: Med. Sci. Sports Exerc. 31(8): 1999, 1147-56
57. Nelson AG et al.: Muscle glycogen supercompensation is enhanced by prior creatine supplement. In: Med Sci Sports Exerc 2001, 33:1096-1100
58. Subrata Patra et al.: „A short review on creatine-creatine kinase system in relation to cancer and some experimental results on creatine as adjuvant in cancer therapy“ . In: Amino Acids, The Forum for Amino Acid, Vol 36, 3, 2009, Springer
59. Subrata Patra, Alok Ghosh, Soumya Sinha Roy, Soumen Bera, Manju Das, Dipa Talukdar, Subhankar Ray, Theo Wallimann & Manju Ray:  
„A short review on creatine-creatine kinase system in relation to cancer and some experimental results on creatine as adjuvant in cancer therapy“ . In: Amino Acids, The Forum for Amino Acid, Vol 36, 3, 2009, Springer

### Hinweis zur Literatur

1. Viele Folien beinhalten Folieninhalt bezogene Autoren-Namen mit Erscheinungsjahr der Publikation ohne Publikationsnamen und Quellenort. Sie sind in der abschließenden Literaturliste nicht aufgeführt, befinden sich jedoch oft in „Blockform“ an entsprechenden Folienstellen.
2. In der abschließenden Literaturliste befinden sich alle „vollständigen“ Literaturquellen mit Autoren, Name der Publikation, Erscheinungsjahr, Erscheinungsort (evtl. mit Seitenangaben).

## Nachtrag zur Literatur



Prof. Dr. Theo Wallimann  
Emeritierter Mikrobiologe  
von der ETH Zürich (2022)

Prof. Dr. Theo Wallimann und Mitarbeiter haben in 40 Jahren bis 2022 rund 250 wissenschaftliche Arbeiten publiziert, die grundlegende Erkenntnisse über Kreatin-Kinasen und Kreatin beschreiben und die vielfältigen physiologischen Funktionen von Kreatin aufzeigen.

Prof. Dr. Wallimann gilt als einer der besten Kenner von Kreatin weltweit und hat ein weit verzweigtes Beziehungsnetz mit zahlreichen Forschern auf dem Fachgebiet der Zellenergetik und Kreatin.

Seine Dissertation: „Kreatin-Kinase Isoenzyme und Myofibrillen Struktur“.

Sein kurzgefasstes wirkungsbezogenes Credo zu Kreatin: „Creatine: a miserable life without it“ (Ohne Kreatin ein miserables Leben).

Publikationen unter: [www.publicationslist.org/theo.wallimann](http://www.publicationslist.org/theo.wallimann)  
[www.medicalsportsnetwork.de](http://www.medicalsportsnetwork.de)  
[www.researchgate.net/profile/Theo\\_Wallimann](http://www.researchgate.net/profile/Theo_Wallimann)  
[www.kreasup.ch/home](http://www.kreasup.ch/home)  
[www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)  
[www.researcherid.com](http://www.researcherid.com)

Stand: 2022