

Jürgen Gießing

# KREATIN

Eine natürliche Substanz  
und ihre Bedeutung für

**MUSKELAUFBAU,  
FITNESS &  
ANTI-AGING**



# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Was ist Kreatin?
  - Geschlechtsspezifische Aspekte
  - Bedeutung der Muskelfaserzusammensetzung
  - Der körpereigene Kreatinkreislauf
3. Historisches
  - Erste Studie zur Kreatinsupplementierung
  - Das Jahr 1992 und die erste Kreatinstudie der „Neuzeit“
  - Der Durchbruch von Kreatin als leistungssteigernde Substanz
  - Verbreitung
4. Kreatinzufuhr durch Nahrungsmittel
  - Gibt es so etwas wie einen „Kreatin-Mangel“?
5. Studien zur Leistungssteigerung durch Kreatineinnahme
  - Deutliche Verbesserungen beim Mittelstreckenlauf nach Kreatineinnahme..
  - Kreatin und Leistungssteigerungen beim Sport
  - Leistungssteigerungen beim Bankdrücken
  - Leistungssteigerungen in der Kniebeuge
  - Leistungssteigerung beim Beinpressen

Leistungssteigerungen bei weiteren Übungen  
Kreatin und Sprungkraft  
Kreatin und Sprintschnelligkeit  
Kreatin und Radfahren  
Kreatin und Schwimmen  
Kreatin und Fußball  
Sportarten mit erwiesener Leistungssteigerung  
durch Kreatin

#### 6. Anabole Effekte von Kreatin

Erhöhung des Wassergehalts in der Muskelzelle  
Stimulierung der Proteinsynthese  
Stimulierung von anabolen Hormonen  
Abschwächen kataboler Prozesse  
Myostatin  
Einfluss von Kreatin auf Mikrotraumata und  
Muskelkater

#### 7. Abschwächung leistungsmindernder Faktoren

Entzündungsreaktionen nach längeren  
Ausdauerbelastungen  
Wiederauffüllung der Glykogenspeicher  
Kreatin und Laktat  
Unterstützung des Heilungsprozesses nach  
Verletzungen  
Antioxidative Wirkung

#### 8. Abschwächung des Muskelverlusts im Alter

Dynapenie und Sarkopenie  
Metaanalyse: Auswirkungen von Kreatin bei Älteren  
Verschiedene Stadien der Sarkopenie

## Schlussfolgerung der EFSA

### 9. Dosierung

Kreatin-Einnahme als kurzfristiger Kraft-Booster vor dem Training

### 10. Optimierung der Kreatinaufnahme

Kreatin und Kohlenhydrate

Das vermeintliche Über-100 %-Paradoxon

Die ideale Größe der Einzelportionen

Tagesdosis

Das Drei-Schritte-Modell zur Abschätzung des eigenen Tagesbedarfs

Einzeldosis

Verbesserte Aufnahme und Erhaltung der körpereigenen Kreatinproduktion

Bedeutung von Nährstoffen und Ballaststoffen

Schlussfolgerungen für die optimale Größe einer Einzeldosis

Günstige Einnahmezeitpunkte

Einnahme nur an Trainingstagen oder auch an trainingsfreien Tagen?

Sind regelmäßige Einnahmepausen erforderlich?

Der Restspeicher-Effekt

### 11. Arten und Eigenschaften von Kreatin

Kreatin Monohydrat

Haltbarkeit

Alternative Formen von Kreatin

„Gepuffertes“ Kreatin: Wird Kreatin-Monohydrat durch Magensäure zersetzt?

Kreatin als Citrat, Pyruvat oder Phosphat  
Kreatin Ethyl Ester

## 12. Kreatinqualität

Mögliche unerwünschte Rückstände beim  
Herstellungsprozess

Mögliche Verunreinigung mit Spuren von Hormonen

„German Creatine“ als Goldstandard

Die Kölner Liste

## 13. Nebenwirkungen

Schädigt Kreatin die Nieren?

Verstärkt Kreatin die Bildung schädlicher  
Stoffwechselprodukte?

Bewirkt Kreatin Magen-Darm-Beschwerden?

Bewirkt Kreatin Muskelkrämpfe und Dehydratation?

Verstärkt Kreatin Haarausfall?

Ist Kreatin unbedenklich für Jugendliche?

## 14. Gilt die Einnahme von Kreatin als Doping?

## 15. Wechselwirkungen mit anderen Stoffen

Kreatin und Koffein

Kreatin und Beta-Alanin

Kreatin und HMB

Kreatin und D-Pinitol

Kreatin und Artemisia dracunculus

Kreatin und Fettsäuren

Kreatin und Natrium

Wechselwirkung mit körpereigenen Hormonen

Wechselwirkung mit Medikamenten

## 16. Responder und Non-Responder

Wer ist Responder und wer ist Non-Responder?

Bedeutung der Muskelfaserverteilung

## 17. Anti-Aging-Effekte von Kreatin

Wirkungen von Kreatin mit Relevanz im Alterungsprozess

Kreatin und Knochen

Kreatin und Insulinsensibilität

Kreatin und Gehirnfunktionen

## 18. Ausblick

## 19. Kreatin-Mythen

## 20. Fragen und Antworten

Kreatin und Anti-Aging

Kreatinsupplementierung für Fußballer

Kreatinsupplementierung für Triathleten

Kreatin und Low-Carb-Ernährung

Kreatin und vegetarische Ernährung

Kreatin und intermittierendes Fasten

Qualität und Preis von Kreatin

Kreatineinnahme während Verletzungspause?

Stoffe zur Unterstützung der Kreatinaufnahme

Auflösen von Kreatin in Flüssigkeiten

Kreatin Monohydrat und andere

Kreatinverbindungen

Kreatinkapseln

Leistungssteigerungen

Optimierung des Muskelaufbaus

Ideale Einnahmezeitpunkte  
Einnahme vor dem Training?  
Dauereinnahme oder „Kur“  
Optimale Portionsgröße  
Kreatin besser vor oder nach dem Training?  
Kreatin und das anabole Fenster

## 21. Fazit

Quellenverzeichnis

# Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1 : Strukturformel von Kreatin

Abb. 2: Produktion von GAA in den Nieren

Abb. 3: Kreatinsynthese in der Leber

Abb. 4: Verteilung des Kreatins im Körper

Abb. 5: Strukturformel von Kreatinphosphat

Abb. 6: Energiebereitstellung bei muskulärer Beanspruchung

Abb. 7: Kreatinphosphat im Ruhezustand

Abb. 8: Abbau von Kreatin zu Kreatinin in der Niere

Abb. 9: Täglicher Bedarf an Kreatin zur Vergrößerung der Kreatinphosphatspeicher

Abb. 10: Kreatin-Entdecker Michel Eugène Chevreul

Abb. 11 : Justus von Liebig

Abb. 12: Kreatinphosphat im Ruhezustand

Abb. 13: Blutkonzentration des Hormons Testosteron

Abb. 14: Prostaglandin-E2-Spiegel im Blutplasma von Läufern

Abb. 15: Muskelglykogengehalt

Abb. 16: Laktatkonzentration im Blut

Abb. 17: Zunahme des Muskelquerschnitts des M. quadriceps femoris

Abb. 18: Zunahme der Magermasse

Abb. 19: Kreatinausscheidung während einer Ladephase mit anschließender Erhaltungsdosis

Abb. 20: Plasma-Kreatinspiegel nach der Einnahme von Kreatin

Abb. 21: Prozentualer Anteil des im Körper gespeicherten Kreatins bei Einnahme von Kreatin

Abb. 22: Kreatinausscheidung nach der einmaligen Einnahme von zwei Gramm Kreatin gelöst in Wasser

Abb. 23: Verlauf des Kreatinspiegels im Blutplasma nach der Einnahme von zwei Gramm Kreatin in Wasser gelöst bzw. als Bestandteil eines Steaks

Abb. 24: Kreatinausscheidung nach der einmaligen Einnahme von zwei Gramm Kreatin gelöst in Wasser bzw. in Form eines Eiweiß-Kohlenhydrat-Riegels

Abb. 25: Der Restspeicher-Effekt

Abb. 26: Zerfall von Kreatin bei unterschiedlichen pH-Werten

Abb. 27: Blutkonzentration des Hormons DHT

Tab. 1: Bisher gefundene Unterschiede im Kreatinstoffwechsel von Männern und Frauen

Tab. 2: Ungefährer Kreatingehalt des jeweiligen Nahrungsmittels

Tab. 3: Veränderung von Magermasse und Kraftwerten nach einwöchiger Immobilisierung des Arms

Tab. 4: Kreatingehalt unterschiedlicher Kreatinverbindungen

Tab. 5: Löslichkeit von Kreatin auf einen Liter Wasser

Tab. 6: Einteilung in drei unterschiedliche Typen von Respondern

# 1 Einleitung

Die Wissenschaft befasst sich fortwährend mit der Wirkung von (Nähr-) Stoffen und der Rolle, die der jeweilige Stoff im Körper spielt. Hin und wieder treten dabei neue Erkenntnisse zu Tage, die erstaunlich, nützlich und wissenschaftlich wertvoll sind. So verhält es sich auch mit der Erforschung der Wirkungen von Kreatin. Üblicherweise werden interessante Forschungsergebnisse aufgegriffen und es wird mehr oder weniger fundiert darüber berichtet. Im Fall von Kreatin werden dabei teilweise Beschreibungen verwendet, die eher an ein Wundermittel erinnern als an eine Substanz, die sowohl im Körper selbst produziert wird als auch über die Nahrung aufgenommen werden kann. Wenn in diesen Berichten Formulierungen verwendet werden wie „legales Doping“, „Anabolikum light“ oder „Wunderwaffe für Sportler“, verlangt das geradezu nach einer eingehenden Analyse, was sich dahinter verbirgt. Um genau diese Analyse geht es im vorliegenden Buch.

Kreatin ist nicht nur ein Nahrungsbestandteil, sondern wird auch als Nahrungsergänzungsmittel produziert und verkauft. Das Geschäft mit Nahrungsergänzungsmitteln ist mittlerweile ein riesiger globaler Markt, der für den Verbraucher kaum noch zu überblicken ist. Der weltweite Umsatz in diesem Geschäft wird auf etwa 70 bis 100 Milliarden Dollar pro Jahr geschätzt. Verlässlichen Hochrechnungen zufolge beträgt der Anteil von Kreatin an diesem Umsatz weniger als zwei Prozent. Daraus zu schließen, dass Kreatin keine allzu große Bedeutung hat, wäre jedoch unzutreffend. Dem geringen kommerziellen Marktanteil steht nämlich eine enorme Verbreitung

gegenüber. Aktuelle Studien zufolge nehmen oder nahmen mehr als 20 Prozent aller Fußballer, mindestens ein Drittel aller Rugby- und Footballspieler weltweit sowie eine noch größere Anzahl ambitionierter Fitnessathleten und Bodybuilder Kreatin zur Leistungssteigerung ein. Und in einigen Disziplinen des Hochleistungssports gibt es „keinen, der es nicht nimmt“, so zumindest die Aussage einer deutschen Leistungssportlerin im Nachrichtenmagazin *Spiegel*. Welche Bedeutung hat Kreatin als Nahrungsbestandteil oder -ergänzungsmittel also tatsächlich? Welche Wirkungen sind wissenschaftlich erwiesen? Gibt es Wirkungen, die auch über den Sport hinaus relevant sind? Diese Fragen sind aber bei weitem nicht die einzigen. Sobald man sich eingehender mit der Thematik befasst, stößt man auf zahlreiche, immer wieder auftretende Fragen wie die folgenden:

- Was ist Kreatin eigentlich genau?
- Welche Form von Kreatin ist die beste/gesundeste?
- Wieviel Kreatin benötige ich pro Tag?
- Bewirkt Kreatin wirklich eine Leistungssteigerung und falls ja, wie hoch fällt diese aus?
- Gibt es Unterschiede zwischen Männern und Frauen?
- Hat Kreatin Nebenwirkungen und wenn ja, welche sind das?
- Welche Nahrungsmittel enthalten wieviel Kreatin?
- Wirkt Kreatin besser, wenn es zusammen mit anderen Stoffen eingenommen wird?
- Welchen Nutzen hat eine Ladephase?
- Gibt es Kreatin unterschiedlicher Qualität?
- Wann sollte es am besten eingenommen werden?
- Was ist dran an der „Anti-Aging-Wirkung“ von Kreatin?
- Bin ich vielleicht ein „Nicht-Responder“?

Diese und viele weitere Fragen werden in diesem Buch beantwortet. An fundierte Informationen über Kreatin zu

gelangen, ist nicht immer einfach. Das liegt nicht etwa daran, dass es zu wenige Informationen über Kreatin gäbe. Ganz im Gegenteil: In den wissenschaftlichen Datenbanken finden sich hunderte von Studien über Kreatin sowie unzählige weitere über angrenzende Themenbereiche, die für die Wirkung von Kreatin ebenfalls von Bedeutung sind. Aus diesem Grund war eine umfangreiche Quellenarbeit erforderlich, um die entsprechenden Informationen zusammenzutragen und unseriöse Werbeaussagen oder Dosierungsempfehlungen als solche zu entlarven. Nur so ist es möglich, fakten- und evidenzbasiert mit einigen verbreiteten Mythen aufzuräumen.

Anhand der vorliegenden Informationen können Sie sich selbst ein fundiertes Bild darüber machen, welche Bedeutung Kreatin hat und wie hoch eine sinnvolle tägliche Zufuhr für Sie persönlich ist.

Noch ein Hinweis in eigener Sache: Kreatin ist eine Substanz, die in geringen Mengen vom Körper selbst produziert wird. Außerdem gibt es zahlreiche Lebensmittel, die unterschiedliche Mengen an Kreatin enthalten. Darüber hinaus kann Kreatin als Nahrungsergänzungsmittel erworben werden. Ich selbst verkaufe weder Kreatin noch bin ich an einer Firma oder am Umsatz einer Firma beteiligt, die Kreatin herstellt oder vertreibt. Alle hier gemachten Angaben beruhen auf dem aktuellen Stand der Forschung und sind mit der entsprechenden Quellenangabe gekennzeichnet, sodass Sie bei Interesse die Quelle selbst ansehen und Ihre eigene Recherche vertiefen können.

Wenn Sie die wissenschaftlichen Hintergründe überspringen möchten und es Ihnen hauptsächlich um praktische Fragen der Anwendung geht, können Sie Ihre Lektüre auch auf die Zusammenfassungen beschränken. Diese finden Sie am Ende des jeweiligen Kapitels in einem

Kasten wie diesem hier. Konkrete Fragen zur praktischen Anwendung von Kreatin werden dann in [Kapitel 20](#) ausführlich beantwortet.

## 2 Was ist Kreatin?

Kreatin ist eine natürliche Substanz, die sowohl vom menschlichen Körper selbst gebildet als auch mit bestimmten Nahrungsmitteln aufgenommen wird. Da Kreatin auch im Körper selbst gebildet wird, zählt es nach geltender Definition nicht zu den essenziellen Nährstoffen.

Aufgrund ähnlich klingender Bezeichnungen wird Kreatin mitunter verwechselt mit anderen Substanzen wie Keratin, Carotin, Carnitin, Carnosin oder Kreatinin. Diese Begriffe bezeichnen aber allesamt andere chemische Verbindungen und sind daher nicht zu verwechseln mit dem Stoff, um den es im Folgenden geht und der für die Leistungsfähigkeit und Gesundheit des Menschen eine besondere Bedeutung hat: Kreatin.

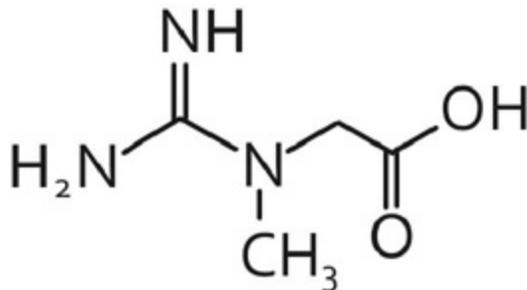


Abb. 1 : Strukturformel von Kreatin

Bei Kreatin (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>N<sub>3</sub>O<sub>2</sub>) handelt es sich um eine körpereigene Substanz, die in einem mehrstufigen Prozess in den Nieren, der Bauchspeicheldrüse und der Leber aus den drei Aminosäuren **Glycin**, **Arginin** und **Methionin** gebildet wird.

Obwohl Kreatin aus drei Aminosäuren gebildet wird, handelt es sich beim Kreatin selbst nicht um eine

Aminosäure, sondern um eine Guanidium-Verbindung, bestehend aus einem Kohlenstoffatom, an das drei Stickstoffatome gebunden sind. Eine weitere Bezeichnung für Kreatin ist daher  $\alpha$ -Methyl-Guadinio-Essigsäure [1].

Zunächst wird in den Nieren sowie der Bauchspeicheldrüse aus den Aminosäuren L-Arginin und Glycin der Kreatin-Vorläufer Guanidinoacetat (GAA) hergestellt.

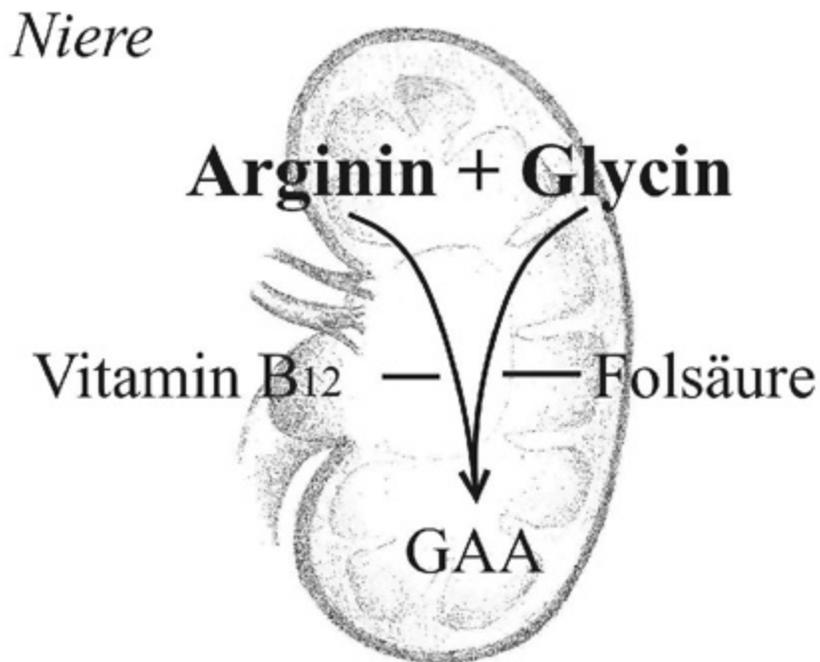
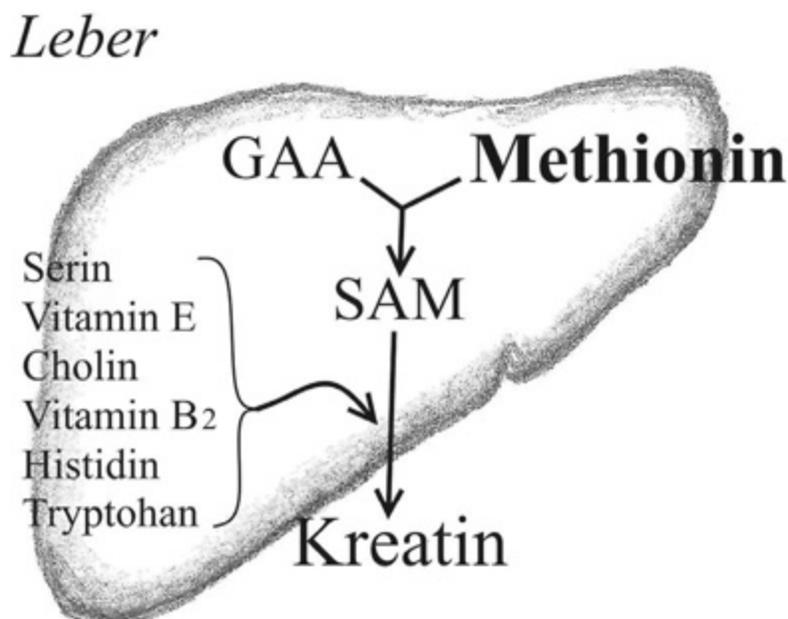


Abb. 2: Produktion von GAA in den Nieren

Über den Blutstrom gelangt das GAA zur Leber. Dort wird dann aus der Verbindung von GAA mit der Aminosäure Methionin (über die Vorstufe S-Adenosylmethionin, abgekürzt: SAM) das Kreatin gebildet und ins Blut abgegeben. So gelangt das Kreatin dann über den Blutkreislauf in das Gehirn, die Organe und die Muskulatur.

Für die endogene Kreatinsynthese benötigt der Körper neben den drei Aminosäuren Glycin, Arginin und Methionin auch ausreichende Mengen an Vitaminen, insbesondere Folsäure und Vitamin B<sub>12</sub>. Bei einer Unterversorgung mit

den beiden genannten Vitaminen kommt es zu einer messbaren Beeinträchtigung der endogenen Kreatinsynthese [2]. Im Tierversuch zeigte sich eine verminderte Kreatinsynthese, wenn nicht genügend Vitamin E zugeführt wurde [3]. Außerdem ist inzwischen bekannt, dass für die körpereigene Kreatin-Produktion noch ausreichende Mengen an Cholin und Vitamin B<sub>2</sub> sowie den Aminosäuren Serin, Histidin und Tryptophan erforderlich sind [4].



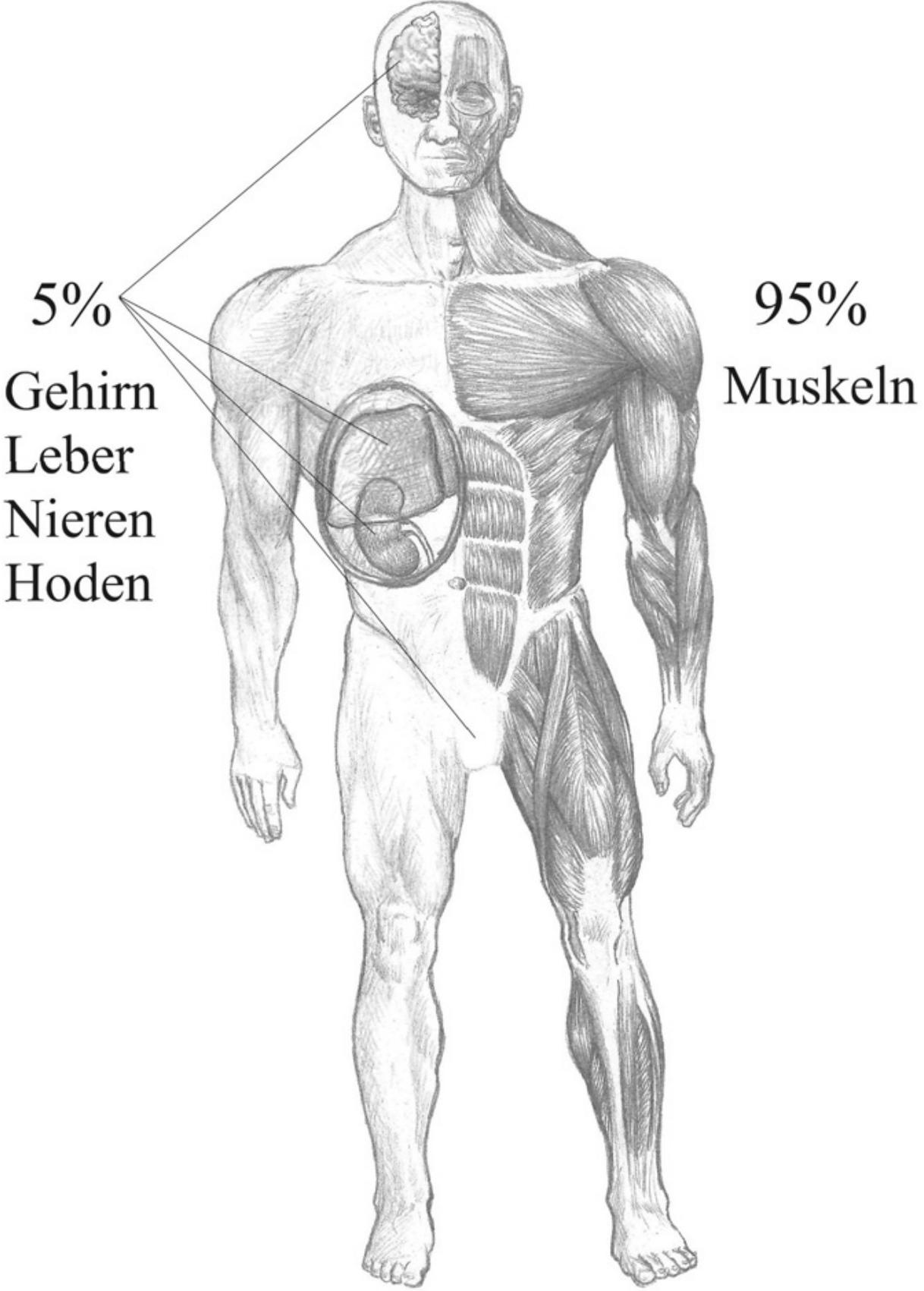
**Abb. 3: Kreatinsynthese in der Leber**

Der Mensch benötigt insgesamt ca. drei bis vier Gramm Kreatin pro Tag. Der Körper produziert durch Synthese aus den drei genannten Aminosäuren etwa ein bis zwei Gramm, also knapp die Hälfte des täglichen Bedarfs. Der Rest des benötigten Kreatins muss über die Nahrung zugeführt werden. Dies ist umso mehr von Bedeutung, als der Körper jeden Tag ca. zwei Gramm Kreatin über das Abbauprodukt Kreatinin ausscheidet [5].

Wie im Folgenden noch ausführlich erläutert wird, ist Kreatin eine immens wichtige Substanz für zahlreiche

Stoffwechselprozesse. Kreatin besetzt geradezu eine Schlüsselfunktion im Hinblick auf Gesundheit und sportliche Leistungsfähigkeit.

Kreatin findet sich praktisch im ganzen Körper, wobei etwa 95 Prozent in der Muskulatur zu finden sind. Die übrigen 5 Prozent verteilen sich vorwiegend auf das Gehirn, die Leber und die Nieren. Aber auch Nervenzellen, die Netzhaut im Auge, das Innenohr, die Hoden und weitere Zellen des Körpers enthalten Kreatin.



5%

- Gehirn
- Leber
- Nieren
- Hoden

95%

Muskeln

Abb. 4: Verteilung des Kreatins im Körper

Das im Muskel enthaltene Kreatin liegt zu einem kleineren Teil in Form von freiem Kreatin und zu ungefähr 60 bis 75 % als Kreatinphosphat vor. Eine andere Bezeichnung für Kreatinphosphat lautet Phosphokreatin. Dadurch erklärt sich auch, warum die übliche Abkürzung für Kreatinphosphat „PKr“ lautet. Hierbei kommt es hin und wieder zu dem Missverständnis, diese beiden Begriffe würden unterschiedliche Substanzen beschreiben, was jedoch nicht der Fall ist. Phosphokreatin und Kreatinphosphat sind Bezeichnungen für ein und dieselbe Substanz. Im Folgenden wird einheitlich der Begriff Kreatinphosphat verwendet. Beim Kreatinphosphat handelt es sich um ein sogenanntes Phosphagen („energiereiches Phosphat“). Es wird durch das Enzym Kreatinkinase aus freiem Kreatin und Adenosintriphosphat (ATP) gebildet und in der Muskulatur gespeichert, bis es zur Energiegewinnung benötigt wird.

Dieses in der Muskulatur gespeicherte Kreatinphosphat liefert die Energie während der ersten Sekunden einer Muskelkontraktion.

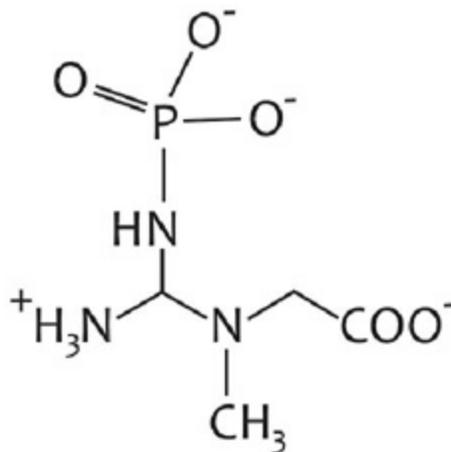
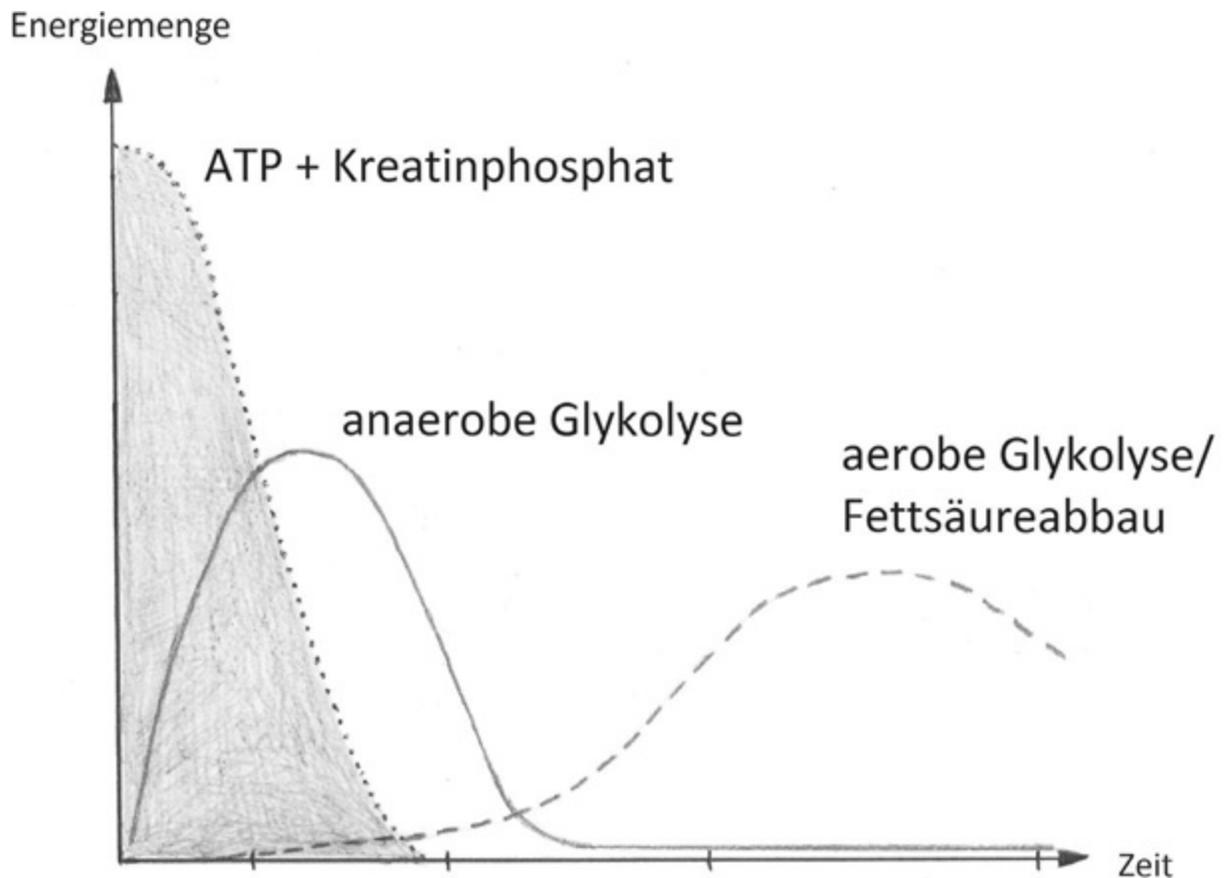


Abb. 5: Strukturformel von Kreatinphosphat

Die einzige direkt vom Muskel nutzbare Energiequelle ist ATP. Damit ein Muskel kontrahieren kann, benötigt er daher

zwingend ATP, das durch Phosphatabspaltung die erforderliche Energie für die Muskelkontraktion liefert und dadurch zu Adenosindiphosphat (ADP) wird. Über die aus der Nahrung (Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel) gewonnene Energie wird ATP aus ADP resynthetisiert. Das in der Muskulatur gespeicherte ATP beläuft sich auf etwa 12,2 Gramm pro Kilogramm Trockengewicht des Muskels und reicht bei intensiver Muskelarbeit nur für ein bis zwei Sekunden. Um das verbrauchte ATP sofort zu resynthetisieren, nutzt der Körper das Kreatinphosphat. Dieses liefert das Phosphat, damit aus dem Adenosindiphosphat wieder ATP für die weitere Muskelarbeit gebildet werden kann. Für diese Prozesse ist neben dem Kreatin auch das Enzym Kreatinkinase erforderlich. Somit ist das Kreatinphosphat der entscheidende Phosphatlieferant für die ATP-Bildung bei allen Muskelkontraktionen mit einer Dauer von etwa zwei bis sieben Sekunden, je nach Intensität der Beanspruchung. Je höher der Gehalt an Kreatinphosphat in der Muskulatur ist, desto mehr intensive Kontraktionen sind möglich, bevor die anaerobe Glykolyse (ATP-liefernder Teilabbau von Kohlenhydraten) zum Tragen kommt.

## **Zeitablauf der Energiebereitstellung**



**Abb. 6: Energiebereitstellung bei muskulärer Beanspruchung**

Das Kreatinphosphat in der Muskulatur wirkt dabei gleich auf zwei unterschiedliche Arten leistungsfördernd, da es nicht nur als Energiequelle, sondern auch als Puffer für anfallendes Laktat dient.

Neben seiner Bedeutung als sofort verfügbare Energiequelle, dient Kreatin als Energietransportsystem zwischen den Mitochondrien, den sog. Kraftwerken der Zelle, und den Orten im Körper, an denen Energie verbraucht wird. Durch diese zweite Funktion sind die Kreatinressourcen im Körper nicht nur für intensive oder schnelle Muskelkontraktionen von Bedeutung, sondern auch für die Ausdauer und die Regeneration nach körperlicher Anstrengung [1].

Im Körper eines 70 Kilogramm schweren Mannes finden sich etwa 120 bis 140 Gramm Kreatin, wobei der genaue

Wert von Person zu Person sehr unterschiedlich ausfällt und um mehrere Gramm vom o. g. Wert abweichen kann. Da sich das Kreatin u.a. im Gehirn, im Herzmuskel, in den Organen, aber zu insgesamt rund 95 Prozent in der Skelettmuskulatur befindet, hängt die Menge des Gesamtkreatins im Körper direkt von der Muskelmasse bzw. der gesamten fettfreien Masse ab.

### **Geschlechtsspezifische Aspekte**

Bezüglich des täglichen Kreatinbedarfs wird in der Regel nicht zwischen Männern und Frauen differenziert. Auch wenn es einige geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich des Kreatin-Stoffwechsels gibt, fallen diese bei der Berechnung des Gesamtbedarfs nach derzeitigem Forschungsstand nur unwesentlich ins Gewicht. Warum das so ist, erläutert der Beitrag einer Forschergruppe vom Hudson Institut für medizinische Forschung in Melbourne, Australien aus dem Jahr 2016. Darin heißt es: „Eine Auswertung der Literatur insgesamt legt eindeutig nahe, dass Männer und Frauen Kreatin auf eine geschlechtsspezifische Weise speichern, verstoffwechseln und verbrauchen“ [6]. Eine Auflistung der bislang gefundenen Durchschnittswerte macht auch deutlich, dass diese Unterschiede letztlich kaum von Bedeutung sind:

Tab. 1: Zusammenfassung der bislang gefundenen Unterschiede im Kreatinstoffwechsel von Männern und Frauen nach Angaben von Ellery et al. (2016), jeweils umgerechnet in Gramm [6].

	<b>erwachsener Mann</b>	<b>erwachsene Frau</b>
körper eigene Kreatinsynthese	0,49 bis 1,0 Gramm/Tag	0,34 bis 0,81 Gramm/Tag
Serumkreatinin	4,6 Milligramm/Liter	5,7 Milligramm/Liter
Kreatininausscheidung	1,0 Gramm/Tag	0,75 Gramm/Tag
Fleischkonsum (Ø)	146 Gramm/Tag	107 Gramm/Tag
Kreatinaufnahme über Nahrung (Ø)	1,0 Gramm/Tag	0,66 Gramm/Tag
Skelettmuskelmasse (Ø)	33 Kilogramm	21 Kilogramm
Muskelkreatin Gehalt (M. Vastus lateralis)	17,3 Gramm	19,0 Gramm

Auf den ersten Blick erscheinen die in der Tabelle aufgeführten Unterschiede bezüglich des Kreatinstoffwechsels bei Männern und Frauen bedeutender als sie es tatsächlich sind. Bezieht man diese Unterschiede nämlich auf das jeweilige (Muskel-)Gewicht der betreffenden Person, nähern sich die Werte sehr stark an. Das wird z. B. daran deutlich, dass Frauen zwar durchschnittlich weniger Kreatin zu sich nehmen und ihr Körper etwas weniger Kreatin produziert als der von Männern, gleichzeitig aufgrund des geringeren Muskelgewichts aber auch der Bedarf geringer ist. Die übliche Vorgehensweise, den Kreatinbedarf einer Person anhand ihres Gewichts und ihrer Trainings- und Ernährungsgewohnheiten zu berechnen, eignet sich somit für beide Geschlechter gleichermaßen.

### **Bedeutung der Muskelfaserzusammensetzung**

Deutliche Unterschiede bestehen in Bezug auf die Muskelfaserzusammensetzung, die von Person zu Person

variiert. Die jeweiligen Anteile verschiedener Muskelfasertypen eines Menschen sind von erheblicher Bedeutung für den Gesamtkreatingehalt im Körper. Muskelfasern vom Typ II, das sind die schnellen weißen Fasern, die überwiegend glykolytisch (anaerob) arbeiten, haben einen höheren Kreatingehalt als die langsameren „Ausdauer“-Fasern vom Typ I. Somit haben Menschen mit einem hohen Anteil an weißen Typ II-Fasern in der Regel auch einen höheren Kreatingehalt im Körper als Personen mit einem hohen Anteil an Typ I-Ausdauerfasern.

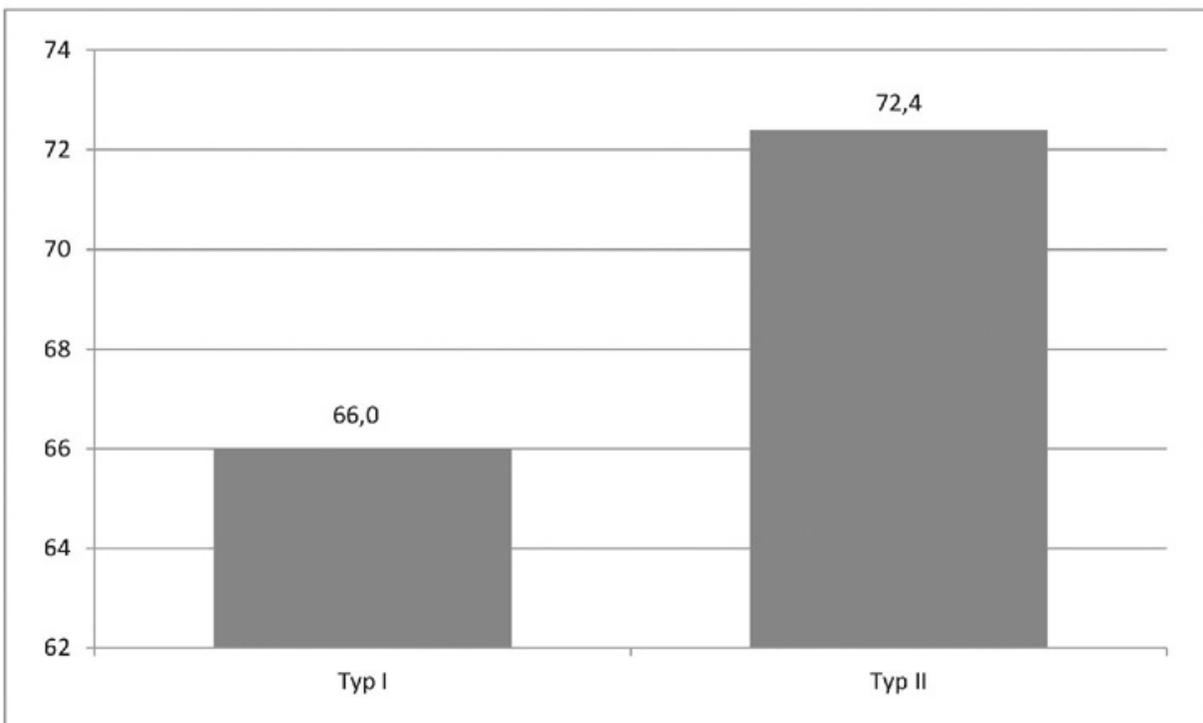


Abb. 7: Kreatinphosphat in Mikromol pro Kilogramm Muskel-Trockengewebe im Ruhezustand, modifiziert nach Sant'Ana et al. (1996) [7]

Umgerechnet entsprechen diese Werte einem Kreatingehalt von 8,7 Milligramm pro Kilogramm Muskelgewicht in Typ I-Fasern und 9,5 Milligramm in Typ II-Fasern. Ein erwachsener Mann mit einem Körpergewicht von 70 Kilogramm kommt so auf einen Ganzkörperkreatingehalt von durchschnittlich ca. 120 Gramm. Davon entfallen etwa ein Drittel auf Kreatin

und zwei Drittel auf Kreatinphosphat. Dieses Kreatinphosphat ist als muskuläre Speicherform des Kreatins aus gesundheitlicher wie aus sportlicher Sicht hoch interessant.

### **Der körpereigene Kreatinkreislauf**

Der Körper synthetisiert nicht nur jeden Tag neues Kreatin, er baut es auch jeden Tag wieder ab. Bei dieser chemischen Gleichgewichtsreaktion wird das Kreatin zu Kreatinin abgebaut, welches dann über die Nieren mit dem Harn ausgeschieden wird. Auf diese Weise werden täglich etwa 1,5 bis 2 Prozent des Gesamtkreatins abgebaut und ausgeschieden, was je nach Größe des körpereigenen Kreatinspeichers rund 1,5 bis 3 Gramm entspricht [1]. Für Sportler lohnt es sich, etwas genauer hinter diese Durchschnittswerte zu schauen. So zeigt sich nämlich, dass der Durchschnittswert von 1,7 Prozent täglichem Kreatinabbau zu einem deutlich größeren Anteil aus Kreatinphosphat, also im Muskel gespeichertem Kreatin, besteht. Ersten Untersuchungen zufolge baut der Körper nämlich pro Tag nur etwa 1,1 Prozent des im übrigen Körper befindlichen Kreatins ab, während der Abbau an Muskelkreatin mit 2,6 Prozent Abbau pro Tag mehr als doppelt so hoch ausfällt [8].

Da dieser Prozess nahezu konstant abläuft und sich rund 95 Prozent des Kreatins im menschlichen Körper in der Muskulatur befinden, kann die Bestimmung der Kreatinin-Ausscheidung über den Urin innerhalb von 24 Stunden in der Medizin sogar dazu genutzt werden, die Gesamtmuskelmasse eines Patienten abzuschätzen [9].

In einer aufwendigen Studie aus dem Jahr 2006 gelang es mittels Magnet-Resonanz-Spektroskopie (MRS) die tägliche Umwandlungsrate von Kreatin zu Kreatinin genau zu bestimmen, wobei sich der Durchschnittswert für den täglichen Kreatinabbau von 1,7 Prozent bestätigte [10].

Zehn Jahre später kam eine aktualisierte Studie zu dem exakt gleichen Ergebnis [11].

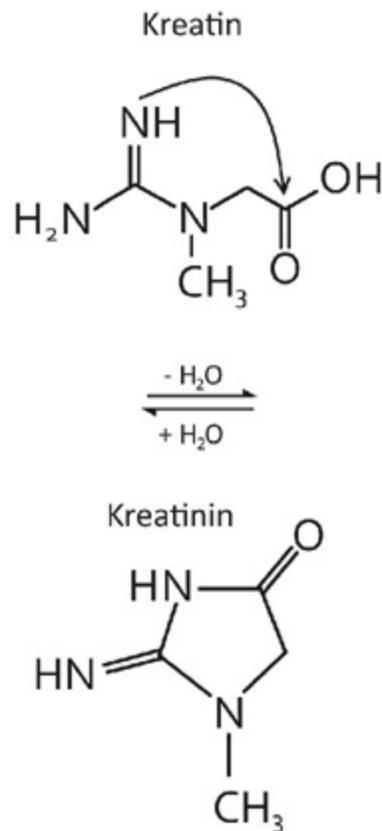


Abb. 8: Abbau von Kreatin zu Kreatinin in der Niere

In der Bilanz stellt der Körper pro Tag somit etwa 1 bis 2 Gramm Kreatin aus Aminosäuren her, scheidet aber rund 1,5 bis 3 Gramm aus. Somit entsteht ein täglicher Kreatinbedarf in der Größenordnung zwischen 0,5 und 2 Gramm, der über die Nahrungszufuhr gedeckt werden muss, um den Kreatinpool zumindest auf dem Ausgangsniveau zu halten. Die genauen Werte variieren von Person zu Person, da sie direkt von der Gesamtmuskelmasse sowie der Menge des in der Muskulatur vorhandenen Kreatinphosphats abhängen. Wie im Folgenden noch ausführlich gezeigt wird, ist es für verschiedene Personengruppen – gerade auch für Sportler – von Vorteil, den Kreatinspeicher des Körpers nicht nur gleich zu halten, sondern zu vergrößern.

Wenn eine Erhöhung des muskulären Kreatinphosphats angestrebt wird, muss die Kreatinzufuhr geringfügig über der Ausscheidung liegen. Somit entsteht in Abhängigkeit von der Muskelmasse und der Muskelfaserzusammensetzung ein Bedarf in einer der Größenordnung von 2 bis 4 Gramm pro Tag.

Warum größere Mengen nur in ganz speziellen Ausnahmen zu empfehlen sind, in aller Regel aber weder notwendig noch sinnvoll sind, wird im Folgenden noch ausführlich erläutert.

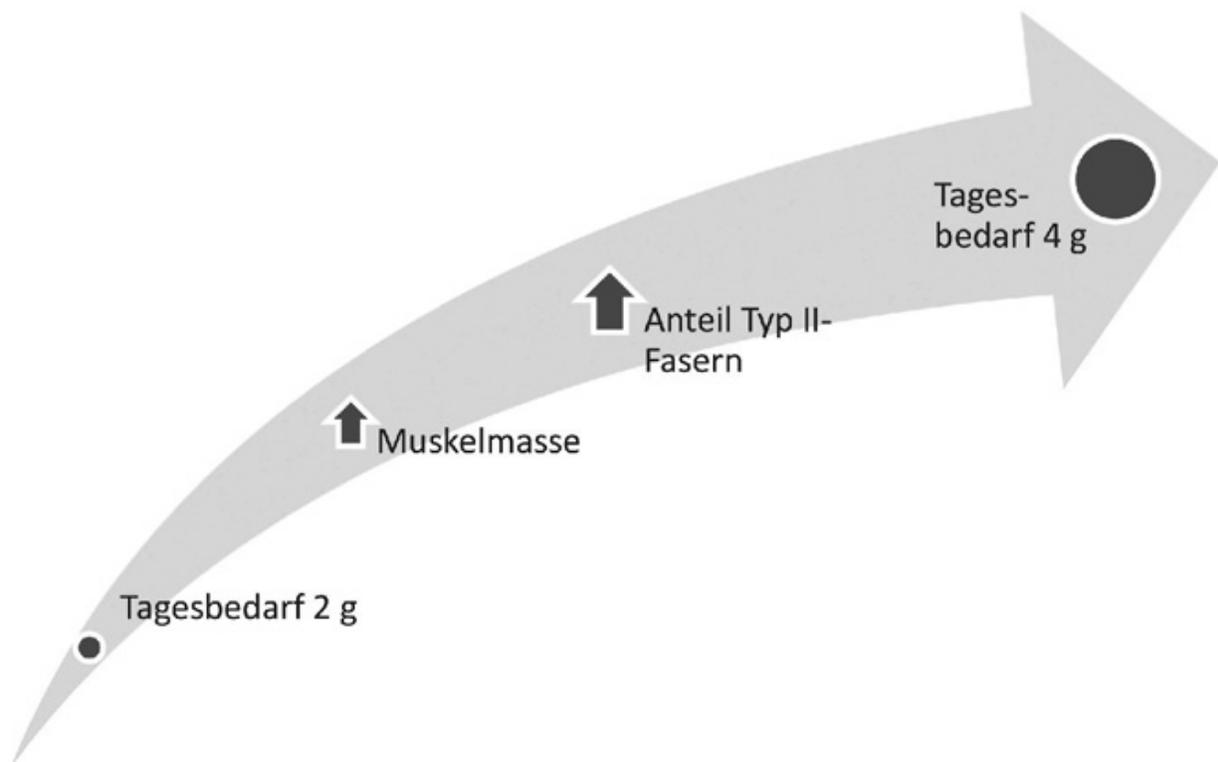


Abb. 9: Täglicher Bedarf an Kreatin zur Vergrößerung der Kreatinphosphatspeicher

Als **Faustregel** kann somit festgehalten werden, dass **3 Gramm pro Tag** erforderlich sind, um den täglichen Verlust nicht nur zu ersetzen, sondern auch zusätzliches Kreatinphosphat in der Muskulatur anzureichern. Bei Personen mit geringerer Muskelmasse und mehr

langsamzuckenden Fasern dürften hierfür bereits 2 Gramm Kreatin pro Tag ausreichen. Athleten mit einer großen Muskelmasse und einem höheren Anteil an schnellen Typ II-Fasern hingegen sollten sich eher am oberen Ende der Bedarfsskala orientieren und 4 Gramm veranschlagen.

Dass sich eine erhöhte Kreatinaufnahme günstig auf die sportliche Leistungsfähigkeit – insbesondere den Muskelaufbau sowie Kraft- und Schnellkraftleistungen – auswirkt, haben Sportler seit dem Altertum festgestellt, ohne die Hintergründe zu kennen. So erklärt es sich, dass dem Verzehr von Fleisch bereits in der Antike eine kräftigende Wirkung zugeschrieben wurde. Dies lässt sich auch an der Geschichte der im 19. Jahrhundert aufkommenden Bodybuilding- und Gesundheitsbewegung ablesen. Aufgrund der starken Bedeutung des Gesundheitsaspekts lag dabei ein Schwerpunkt auf natürlicher, vollwertiger und überwiegend pflanzlicher Nahrung. Nicht wenige Sportler empfahlen sogar eine rein vegetarische Ernährungsweise. Entgegen diesem Trend zum Vegetarismus, der ursprünglich auch unter den ersten modernen Bodybuildern verbreitet war, erschien 1948 ein Beitrag in der Kraftsportzeitschrift *Ironman* mit dem Titel „Diet of the Strongman“. Darin wurde eine vollwertige, vitaminreiche und naturbelassene Ernährungsweise propagiert, die wegen der stärkenden Wirkung aber auch Fleisch umfassen solle [12]. Erst später wurde den Bodybuildern und Kraftsportlern klar, dass es nicht das Fleisch selbst war, von dem diese Wirkung ausging, sondern vor allem das darin enthaltene Kreatin [13].

Kreatin ist eine natürliche Substanz, die im menschlichen Körper in mehreren Schritten aus drei Aminosäuren gebildet wird. Für die verschiedenen Schritte der Kreatinbildung sind außerdem bestimmte Vitamine und

weitere Aminosäuren erforderlich. Auf diese Weise produziert der Körper rund die Hälfte des täglichen Kreatinbedarfs. Der Rest muss über die Nahrung zugeführt werden, wobei Fleisch (einschließlich Fisch, Geflügel etc.) die reichhaltigste Quelle darstellt. Veganer und Vegetarier weisen deutlich geringere Kreatinspiegel auf. Kreatin findet sich in fast allen Körperzellen und ist in seiner Speicherform (Kreatinphosphat) eine wichtige Energiequelle für die Zellen des Körpers wie Herz-, Nerven, Netzhaut-, Gehirn- und weitere Zellen, vor allem Muskelzellen. 95 % des gesamten Kreatinphosphats befindet sich in den Muskeln. Bezogen auf die Körpermasse haben Frauen und Männer etwa den gleichen Kreatingehalt im Körper. Der Gesamtkreatingehalt im Körper eines erwachsenen, nicht sportlich aktiven Mannes wird auf rund 120 Gramm beziffert.

### 3 Historisches

Entdecker und Namensgeber der Substanz, die wir heute Kreatin nennen, war der französische Chemiker Michel Eugène Chevreul (1786–1889). Als Wissenschaftler und Forscher genoss Chevreul derart großes Ansehen, dass sein Name, zusammen mit 71 weiteren Persönlichkeiten, als Inschrift an der Fassade des Eiffelturms verewigt wurde. Chevreul stieß bei seinen Forschungsarbeiten auf zahlreiche interessante Stoffe und Zusammenhänge. Bekannt sind vor allem seine Entdeckungen und Kategorisierungen verschiedener Fette. Die Bezeichnungen Margarine, Glycerin, Lanolin und Cholesterin stammen ebenso von Chevreul wie die Entdeckung, dass es feste und flüssige Formen von Fetten gibt. Seine Forschungen zur Fettchemie hatten dabei einen angenehmen kommerziellen Nebeneffekt: Auf der Basis der von ihm entdeckten Stearinsäure entwickelte Chevreul Kerzen, die nicht tropften, weniger Ruß entwickelten als die damals gebräuchlichen Talgkerzen und zudem keinerlei giftige Gase produzierten. Dies machte sie ideal für den Gebrauch in Wohnräumen. Chevreul erwarb ein entsprechendes Patent und gründete zusammen mit einem Partner eine Kerzenfirma. Ein kommerzieller Erfolg wurden die Kerzen zwar erst zu einem Zeitpunkt, als Chevreul die Firma und sein Patent bereits verkauft hatte, Chevreuls Beitrag wurde aber später noch auf andere Weise gewürdigt. Aufgrund ihrer günstigen Eigenschaften wurden die Stearinkerzen zu einer wichtigen Licht- und Wärmequelle bei Polarexpeditionen, was Chevreul die Ehre einbrachte, dass eine Reihe von Kliffs in der Antarktis nach ihm benannt wurden. Chevreul war bis kurz