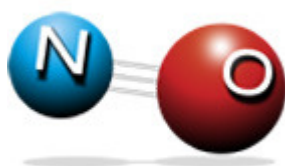


Nitric Oxide (NO) – Wie funktioniert unsere Durchblutung? Teil II

29. November 2010 | Von **Holger Gugg** | Kategorie: **Aktuelles**

Gefällt mir

Zeige deinen Freunden, dass dir das gefällt.



Liebe BLOG-Leser und treue PEAK-Kunden,

heute erscheint der zweite Teil meines BLOG über die Durchblutung unseres Körpers. Nachdem ich in Teil 1 „**Nitric Oxide (NO) – Wie funktioniert unsere Durchblutung?**“ die Grundlagen zur Durchblutung und Möglichkeiten zur Beeinflussung des Blutflusses über Sport und Training erläutert habe, ist es nun an der Zeit, sich mit der Substanz **Nitric Oxide** (NO) (Stickstoffmonoxid) näher zu beschäftigen.

Viele Leser werden besonders am Ende des Textes kritisch aufmerken, wenn es darum geht, ob die Aminosäure **L-Arginin** im **Bodybuilding** tatsächlich für eine deutliche Erhöhung von **Nitric Oxide** sorgt. Ich möchte daher vorwegnehmen, dass sich meine Ausführungen auf die biochemischen Vorgänge und Synthesewege beziehen. Obwohl praktische Studien, Untersuchungen und Erfahrungsberichte von Athleten eine andere Sprache sprechen, möchte ich mit meinem BLOG die mögliche Wirkung von **L-Arginin** einmal mit theoretischen Augen betrachten. Man sollte „gottgegebene“ Hochpreisungen einzelner Substanzen auch gelegentlich in Frage stellen. Diesem Vorsatz möchte ich mit meinem heutigen Bericht Rechnung tragen.

Beeinflussung der Durchblutung durch Nitric Oxide (NO)

Was ist Nitric Oxide (NO)?

NO ist die chemische Bezeichnung von Stickstoffmonoxid. Es ist die einzig bekannte Substanz, die sowohl als körpereigenes Radikal, als auch als Botenstoff (unter anderem für eine Signalisierung der Gefäßweitung) tätig ist. Nitric Oxide wirkt komplex und zwar nicht nur am Ort seiner Entstehung, sondern auch in umliegenden Geweben im Rahmen seiner sehr kurzen Halbwertszeit von lediglich wenigen Sekunden. Durch seine Größe ist es in der Lage, zu diffundieren und kann sich auch in Membranen anreichern.

In physiologischen Konzentrationen hat es vorwiegend nützliche Funktionen und wirkt sowohl regulativ als auch protektiv (schützend). In überhöhten Konzentrationen wirkt es pathogen (krankheitserregend). Es besteht zudem die Gefahr, dass es unter Sauerstoff verstärkt mit Ionen und Radikalen reagiert und für Beschädigung und Niedergang von Zellen mit verantwortlich ist.

Wie wird Nitric Oxide gebildet?

Zur Entstehung von Nitric Oxide werden neben L-Arginin auch Enzyme, die sog. NO-Synthasen (NOS), Sauerstoff und weitere Faktoren benötigt. Die Umwandlung von L-Arginin in Nitric Oxide geht in 5 Teilschritten von Statten. Als Nebenprodukt der Nitric Oxide-Synthese entsteht das Harnstoffderivat L-Citrullin.

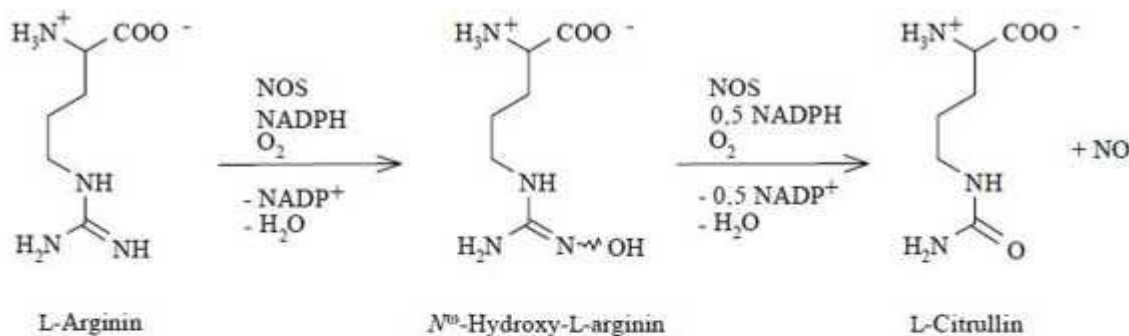


Abb. 1: Biosynthese von Stickstoffmonoxid

Darstellung: Biosynthese von Nitric Oxide

Welche Eigenschaften hat Nitric Oxide?

Nitric Oxide ist normalerweise ein farbloses Gas. In seiner Eigenschaft als Radikal besitzt es ein ungepaartes Elektron, weist jedoch eine relativ geringe Reaktionsfreudigkeit auf. Reaktionspartner von Nitric Oxide sind molekularer Sauerstoff, Sauerstoffradikalanionen sowie Peroxyradikale oder Metalle. Besonders mit Hämproteinen (Blutproteinen) geht Nitric Oxide gern Verbindungen ein. Durch diese Bindung entstehen Substanzen (z.B. Cytochrom P450-Enzyme), deren Hauptaufgabe darin besteht, zahlreiche körpereigene und körperfremde Substanzen zu oxidieren.

Nitric Oxide hat nur eine Halbwertszeit von fünf Sekunden, weswegen es ständig neu hergestellt werden muss.

Wo kommt Nitric Oxide vor und wo hat es eine Funktion?

Nitric Oxide im vaskulären System

Nitric Oxide-Synthese über Kalzium-Ionen

Stickstoffmonoxid wird bei Bedarf aus der **Aminosäure L-Arginin** synthetisiert. Zur Synthese wird das endotheliale Enzym NO-Synthase benötigt, welches unter physiologischen Bedingungen über eine Erhöhung der intrazellulären Kalzium-Konzentration aktiviert wird.

Die Kalziumkonzentration erhöht sich über ein Einströmen aus dem extrazellulären Raum und die Freisetzung von Kalzium-Ionen aus den intrazellulären Speichern. Endogene Mediatoren wie ADP, ATP, Bradykinin, Histamin, Serotonin sowie exogene Mediatoren (Medikamente) öffnen die entsprechenden Ionenkanäle und machen den Einstrom möglich.

Nitric Oxide-Synthese über die Scherkraft

Wenn ein Gegenstand über eine Fläche gezogen wird, verformt er sich. Diese Verformung nennt man Scherung und die Kraft, die den Gegenstand in seine Ursprungsform zurückzuführen versucht, nennt man Scherkraft.

Scherung und Scherkräfte treten auch beim Blutfluss auf. Unser Blutfluss verläuft normalerweise instationär, d.h. zeitabhängig verändert sich die Flussgeschwindigkeit, da das Herz stoßweise pumpt und somit die Flussgeschwindigkeit einer Änderung unterworfen ist.

Eine hohe Flussgeschwindigkeit führt aufgrund entstehender hoher Reibungswerte zu hohen Scherkräften.

Hohe Flussgeschwindigkeiten und Scherkräfte entstehen bei Belastung und sorgen für die Ausschüttung von Hormonen, die über NO-Bildung eine Weitung der Blutgefäße verursachen.

Die Thermoregulation

Die vorherrschende Außentemperatur führt in unserem Körper ebenfalls zu einer Anpassung der Gefäße. Bei Hitze erfahren wir eine Gefäßerweiterung, bei Kälte ziehen sich unsere Gefäße zusammen.

PRAXISTIPP

Es ist entscheidend, den Körper vor dem Training ausreichend auf zu wärmen, (WarmUp), um bereits hier für eine Vasodilatation über die Körpertemperatur zu sorgen. Besonders in kalten Jahreszeiten ist dies zu beachten!

Was geschieht mit gebildetem Nitric Oxide?

Gebildetes Nitric Oxide diffundiert zu den Zielzellen und bindet dort an einen spezifischen Rezeptor (lösliche Guanylylcyclase) an. Zelluläre Wirkorte von Nitric Oxide sind verschiedene Blutzellen (z.B. Thrombozyten und Granulozyten), aber auch die Gefäßwand (glatte Muskelzellen und Endothelzellen).

Über Auslösung einer Hemmung der Thrombozytenaggregation sowie -adhäsion kommt es durch Entspannung (Relaxation) glatter Muskelzellen der Gefäße zu einer Vasodilatation (Gefäßerweiterung). Eine Thrombozytenaggregation bezeichnet dabei den Vorgang der Zusammenlagerung (Aggregation) von Blutplättchen (Thrombozyten). Eine Thrombozytenadhäsion bezeichnet ein Anheften von Blutplättchen an ein Gewebe, mit dem sie innerhalb intakter Blutgefäße normalerweise nicht in Kontakt kommen.

Neben dieser kurzfristigen Reaktion wirkt Nitric Oxide langfristig antiarteriosklerotisch und antiproliferativ (gegen eine Mehrung von Gewebe gerichtet) und erhält so die Gefäßgesundheit.

Bedeutung von Nitric Oxide im vaskulären System

Aus **L-Arginin** gebildetes Nitric Oxide ist die wichtigste Regel- und Schutzsubstanz für einen gesunden Gefäßaufbau. Arteriosklerotische Erkrankungen erkennt man mit am schnellsten über eine Störung der NO-vermittelten Endothelfunktion (innere Schicht der Blutgefäße), bei der zu wenig Nitric Oxide produziert wird. Eine derartige Störung wird u. A. ausgelöst durch erhöhte Blutzuckerwerte, oxidativen Stress, oder Hyperhomocysteinämie (erhöhte Homocysteinwerte im Blut).

Nitric Oxide im Nervensystem

Stickstoffmonoxid fungiert im zentralen Nervensystem als Neurotransmitter. Es ist beteiligt an der Gedächtnisregulation und am Lernvermögen. Nitric Oxide ist vermutlich verantwortlich für Migräne und Kopfschmerz. Als Folge NO-vermittelter oxidativer Prozesse treten Proteinmodifikationen, Zellzerstörung und damit einhergehende nervenbedingte

Erkrankungen wie Morbus Alzheimer auf. Durch Reaktion mit Superoxidradikalanionen kommt es an der DNA und an Lipiden zu neurotoxischen Vorgängen. Auch übergreifende Folgen eines Schlaganfalls (Ischämie) werden einer überschießenden NO-Bildung im Gehirn zugeschrieben. Zudem wird Nitric Oxide mit Morbus Parkinson, Chorea Huntington (schwere Gehirnerkrankung), sowie zahlreichen Autoimmunerkrankungen in Verbindung gebracht.

Besteht eine Gefahr bei einer Supplementierung von NO-Boostern?

Die **Aminosäure L-Arginin** kann oral zugeführt und ins Blut aufgenommen und über die Blut-Hirn-Schranke ins Gehirn gelangen. Ein überhöhtes NO-Aufkommen im Gehirn hat,

wie wir gesehen haben, eher negative Auswirkungen und kann sogar zu einem septischen Schock führen. Trotzdem gestaltet sich die orale Aufnahme von L-Arginin als weniger problematisch, da im Gehirn das Aufkommen des spezifischen NO-Synthase Enzyms (iNOS) deutlich geringer ist als in der Peripherie (z.B. in den Gefäßen). Somit kann wesentlich weniger Nitric Oxide aus **L-Arginin** gebildet werden, *es besteht also keine Gefahr.*

Nitric Oxide im peripheren Nervensystem

Im peripheren Nervensystem hat Nitric Oxide Einfluss auf die Motilität der Gastrointestinalmuskulatur (Verdauungstrakt), die Peniserektion sowie auf die Regulation der Nierendurchblutung. Das Medikament Cialis (ähnlich Viagra) beispielsweise funktioniert über ein vermehrtes Aufkommen von Nitric Oxide und führt so zu einer Erektion.

Nitric Oxide und erektile Dysfunktion (Erektionsprobleme)

Über eine Diffusion von Nitric Oxide in die Muskelschicht der Gefäße wird das dort befindliche Enzym Guanylylcyclase aktiviert. Dies führt zur Erschlaffung der glatten Muskulatur und zum Nachlassen des Gefäßtonus. Eine Erschlaffung der Gefäßmuskulatur ist beim Mann die Voraussetzung für eine Erektion.

Durch Arginin und NOS produziertes Nitric Oxide führt also zu einer Entspannung bestimmter Muskeln, die dadurch das Blut im männlichen Glied aufstauen. So entsteht eine Erektion.

Nitric Oxide im Immunsystem

Nitric Oxide ist Teil der unspezifischen Immunabwehr. Signalgeber unseres Immunsystems (inflammatorische Agentien) aktivieren das NOS-Enzym. In den Makrophagen (Fresszellen) und Granulozyten (Teil der weißen Blutkörperchen) können so größere Mengen Nitric Oxide produziert werden. Nitric Oxide gelangt durch Diffusion in die umliegenden Gewebe und kann hier zur Abtötung von Bakterien, Pilzen, und Viren beitragen. Auch eine wachstumshemmende und gewebeschädigende Wirkung auf Tumorzellen konnte bei Nitric Oxide nachgewiesen werden.

Das im Immunsystem vorherrschende NO-Synthase Enzym iNOS wird bei entzündlichen und infektiösen Erkrankungen langfristig gebildet. Das in hoher Konzentration freigesetzte Nitric Oxide trägt dann zur Symptomatik der Erkrankungen bei. So kommt es durch Nitric Oxide u. A. zur Entstehung von Arthritis, Darmentzündungen, Asthma, multipler Sklerose, Morbus Alzheimer sowie Meningitis. Bei einem septischen Schock kommt es zu einer starken NOS-Expression und so zu einem überschießenden NO-Aufkommen. Die Folge ist eine massive Vasodilatation im gesamten Blutgefäßsystem, welche mit einem massiven Blutdruckabfall verbunden ist. Diese kann zu einem Multi-Organversagen und damit sicher zum Tod führen.

Zusammenfassung

Nitric Oxide hat sehr unterschiedliche Auswirkungen auf die verschiedensten Gebiete unseres Körpers. Es trägt wesentlich zur Gesunderhaltung unserer Blutgefäße bei, wirkt

durch seine antiarteriosklerotische Funktion vorbeugend gegen Herzinfarkte und hilft bei Erektionsproblemen. Es fungiert aber auch als Auslöser von Migräne. Es unterstützt unser Immunsystem bei der Bekämpfung von Viren und Bakterien. Im Gehirn unterstützt es unser Lernvermögen und die Gedächtnisleistung, ist aber auch an degenerativen Hirnerkrankungen beteiligt. Sogar Krebszellen können durch die, das Gewebewachstum hemmende Eigenschaft, bekämpft werden. Bei einem Schlaganfall ist Nitric Oxide wesentlich an der Zerstörung des Hirngewebes beteiligt. Es löst außerdem die Symptome im Verlauf chronisch-entzündlicher Erkrankungen wie Rheuma aus und ist verantwortlich für die Ausprägung von Schwellung, Rötung und Schmerz.

Die Frage, ob und wie es uns möglich ist, eine Nitric Oxide -Synthese zur Vasodilatation neben dem Training auch durch die Ernährung zu beeinflussen, sehen wir uns an, nachdem wir uns mit den Katalysatoren von Nitric Oxide, den NO-Synthasen beschäftigt haben.

NO-Synthasen

Isoformen

Das Enzym **Stickstoffmonoxid-Synthase**, kurz **NO-Synthase (NOS)** ist verantwortlich für die Bildung von Stickstoffmonoxid (NO) aus L-Arginin. Beim Menschen tritt NOS in 3 Isoformen auf. Sie unterscheiden sich in ihrer Lokalisation (Entstehungsort), Aminosäuresequenz, Kinetik, Regulation sowie funktionellen Bedeutung.

- **eNOS** (*NOS3*) endotheliale NO-Synthase (die Gefäße betreffend)
- **bNOS** (*NOS1*) neuronale NO (das Gehirn betreffend)
- **iNOS** (*NOS2*): induzierbare NO-Synthase (das Immunsystem betreffend)

eNOS und bNOS

eNOS und bNOS werden über Ihre Aktivität reguliert. Sie sind ständig vorhanden. Die Aktivität der eNOS im Gefäß ist zwar auch von mechanischen Kräften abhängig, überragende Bedeutung hat jedoch die Regulation über die intrazelluläre Calciumkonzentration. Nur wenn ausreichend Ca^{2+} -Ionen vorhanden sind, kann es zur Ausbildung der aktiven Enzymform kommen.

iNOS

iNOS sind zwar auch in geringem Maße immer vorhanden, sie regulieren sich jedoch über dessen Expression (Bildung) vermehrt, wenn Bedarf besteht. Nach iNOS Bildung kommt zu einer schnellen, starken und lang anhaltenden Nitric Oxide Synthese. Die von der iNOS produzierte Menge an Nitric Oxide kann um das 1000-fache höher sein als

durch eNOS, allerdings nur wenn genügend iNOS gebildet wird. Die Bindung bei iNOS ist calciumunabhängig und somit kaum regelbar. Bakteriengifte oder entzündliche Substanzen (IFN- γ oder Interleukin-1 β) sind 2 beispielhafte Auslöser der iNOS. Durch iNOS gebildetes Nitric Oxide dient der Immunabwehr.

Tab. 1: Zusammenstellung der Isoformen der NO-Synthasen nach Kervin et al. [21] Schmidt et al. [2] und Pfeiffer et al. [26]

	bNOS	eNOS	iNOS
Herkunft	Gehirn	Endothel	Makrophagen
Zellen	Neuronen Bronchien neutrophile Granulozyten Niere (Macula densa) Skelettmuskel	Endothelzellen Thrombozyten Kardiomyozyten	glatte Muskelzellen Makrophagen Granulozyten Hepatozyten Endothelzellen Megakaryozyten Kardiomyozyten
Anzahl der Aminosäuren	1433	1203	1153
Molekulargewicht	160 kDa	134 kDa	130 kDa
Expression	konstitutiv zum Teil induzierbar	konstitutiv zum Teil induzierbar (Scherstreß)	induzierbar
Aktivierung	Ca ²⁺ / Calmodulin	Ca ²⁺ / Calmodulin	Cytokine Endotoxin Lipopolysacharide Ca ²⁺ unabhängig
Freisetzung von NO	picomolare Mengen	picomolare Mengen	nanomolare Mengen

Zusammenfassung

Wir haben also gesehen, dass es mehrere Arten des NOS-Enzyms gibt. Für uns Bodybuilder interessant ist, dass hauptsächlich in den Gefäßen aktive eNOS. Wenn es uns gelingt, die eNOS-Synthese zu maximieren, haben wir gute Chancen, auch von einer Supplementierung mit **NO-Booster** hinsichtlich einer vermehrten Nitric Oxide-Synthese zu profitieren. Ob dies möglich ist, sehen wir uns nun im abschließenden Absatz an.

Beeinflussung der Durchblutung über Ernährung und Supplemente

Wie wir gesehen haben, wirkt sich körperliche Belastung (Training) äußerst förderlich auf die Synthese von Nitric Oxide aus. Auch über die Ernährung ist es uns bedingt möglich, das NO-Aufkommen zu erhöhen.

NO-Synthase – der limitierende Faktor der NO-Bildung in Bodybuilding

Die Ernährung eines Bodybuilders gestaltet sich typischerweise sehr proteinreich. Zusätzlich versuchen wir, über die Einnahme von NO-Boostern, welche mit den Aminosäuren **Arginin**, **Citrullin** oder sonstigen NO-steigernden Substanzen versehen sind, eine Steigerung der Nitric Oxide Synthese herbeizuführen. Es erscheint eigentlich logisch, dass durch Zufuhr des Ausgangssubstrats für die NO-Synthase, nämlich dem L-Arginin, auch eine Mehrproduktion stattfindet. Leider erweist sich dieses Vorhaben als nicht derart effizient wie angenommen und das aus zwei Gründen:

1. Durch die bereits sehr hohe Aufnahmemenge von Protein nimmt man auch bereits ausreichend L-Arginin für die Nitric Oxide Synthese mit auf. Von einer Einzelgabe mit Arginin wird man also in diesem Fall nicht mehr derart profitieren können, wie bei einer Unterversorgung mit Gesamtprotein und L-Arginin. Eine Unterversorgung ist bei den wenigsten Bodybuildern der Fall.

2. Selbst wenn wir Arginin in hohen Mengen über die Nahrung und über **NO-Booster** zu uns nehmen, ist der eigentlich limitierende Faktor der NO-Bildung das Aufkommen des zur Umwandlung benötigten NOS Enzyms. Das Enzymaufkommen in unseren Gefäßen ist begrenzt. Wie wir gelesen haben, findet die Regulierung von eNOS nicht über eine Mehrproduktion sondern über eine calciumabhängige Aktivierung des Enzyms statt. Wenn wir also hohe Mengen Arginin aufnehmen, wird nicht automatisch mehr NOS-Enzym gebildet.

L-Arginin und L-Citrullin

In diesem Zusammenhang ist auch eine Supplementierung mit Citrullin, welches Untersuchungen zur Folge im Körper in Arginin umgewandelt wird und besser den Magen-Darm-Trakt passieren kann als L-Arginin selbst, nicht von Vorteil. Auch hier kann man das Problem der Limitierung der NO-Produktion durch ein begrenztes Aufkommen von NOS nicht lösen oder umgehen.

Ist eine Supplementierung mit L-Arginin für vermehrtes NO-Aufkommen also sinnlos?

Auch wenn wir uns bei bereits hoher Aufnahme von Gesamt-Protein keine drastische Erhöhung des Aufkommens von NOS erwarten können, hat **L-Arginin** in Kombination mit Folsäure, Vitamin B6 und Vitamin B12 die Fähigkeit, die Aktivität der vorhandenen Menge an NOS zu verbessern. Über diese Wirkung ist es also dennoch möglich, eine Mehrproduktion von Nitric Oxide und damit verbunden eine Gefäßerweiterung mit all seinen Vorteilen auszulösen.

Weitere Möglichkeiten der Beeinflussung der Durchblutung

Milch

Lactokinine (spezifische Molkepeptide) in der Milch steigern Untersuchungen zur Folge den Blutfluss, indem Sie ein Enzym hemmen das normalerweise die Blutgefäße verengt.

Kohlenhydrate

Kohlenhydrate vor dem Training eingenommen, erhöhen unter verstärkter Insulinbildung die NO-Produktion in der Gefäßwand.

Blutfette

Seine Blutfette auf einem gesunden Level zu halten hat enorme Auswirkungen auf die Fließeigenschaften des Blutes und nimmt damit ebenfalls Einfluss auf die Durchblutung.

Zusammenfassung

NO (Stickstoffmonoxid) ist eine Substanz mit weitreichenden Auswirkungen auf den gesamten Körper. Im Bodybuilding profitieren wir besonders von seiner gefäßerweiternden Wirkung, welche uns zu mehr Nähr- und Wirkstoffen an der Muskulatur und somit zu beschleunigtem Muskelaufbau verhilft. Über unser Training haben wir weitreichende Möglichkeiten, das NO-Aufkommen zu erhöhen. Auch über die Ernährung und über Supplemente besteht die Möglichkeit, die Durchblutung positiv zu beeinflussen. Leider ist dieses Instrument nicht ganz so effektiv, wie es die meisten von uns vermuten würden. Meine Ausführungen beziehen sich wie bereits in der Einleitung erwähnt auf biochemische Fakten in Bezug auf die Synthesewege von Nitric Oxide. Da man Theorie und Praxis nicht immer 100% gleichsetzen darf, bleibt es jedem selbst überlassen, L-Arginin zur Durchblutungsförderung zu verwenden oder nicht. Wie bei vielen anderen Supplementen wird auch hier ein großer individueller Unterschied bzgl. der Wirkung von Athlet zu Athlet bestehen. Die Einnahme erfolgt nach dem Motto „Try and Error“.



Ich wünsch allen Lesern gute sportliche Erfolge

Euer

Holger Gugg

www.body-coaches.de

-
-
-

Bewerten Sie diesen Beitrag

Vote Saved. Rating: 6.0/6

Tags: [arginin](#), [Nitric Oxide](#), [NO](#)

Schreibe einen Kommentar

Du musst [eingelogggt sein](#) um einen Kommentar zu schreiben