

Nitrat, Nitrit und Nitrosamine unterscheiden sich in ihrer Wirkungsweise im menschlichen Organismus und ihrer Bedeutung als Schadstoffe. Sie sind aber eng miteinander verzahnt, denn Nitrat kann die Vorstufe von Nitrit sein und dieses wiederum in Nitrosamine umgewandelt werden. Während Nitrat und Nitrit (Teil 1) in üblichen Verzehrsmengen für den erwachsenen Menschen unschädlich sind, gelten Nitrosamine (Teil 2, im nächsten Heft) als starke Kanzerogene.

# Nitrat, Nitrit, Nitrosamine

## Teil 1: Nitrat und Nitrit



Dipl. oec. troph.  
Claudia Weiß  
Karolinger Str. 12  
76137 Karlsruhe  
E-Mail:  
Claudia.Weiss  
@gmx.de

### 1. Nitrat

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) ist ein natürlicher und für Pflanzen essenzieller Bestandteil des Bodens. Pflanzen benötigen den enthaltenen Stickstoff zur Synthese von Eiweiß, Nukleinsäuren und anderen Substanzen. Zur Ertragssteigerung wird Nitrat im Pflanzenbau als Dünger in den Boden gebracht – in Form von organischen Düngemitteln (Jauche, Gülle, Mist) oder als Mineraldüngung.

#### 1.1 Nitrat in Lebensmitteln

Die Nitratkonzentration in Pflanzen ist grundsätzlich vom Stickstoffangebot im Boden abhängig, wobei die Speicherkapazität sehr unterschiedlich sein kann. Den höchsten Nitratgehalt in pflanzlichen Lebensmitteln weisen Blattgemüse wie z. B. Salat, Spinat und Mangold auf sowie einige Wurzelgemüse, vor allem Rote Bete, Rettich und Radieschen (◆Tabelle 1). In besonderem Ausmaß reichert Rucola Nitrat an. Die Überwachungsämter der Bundesländer haben in mehr als der Hälfte der untersuchten Rucolaproben Werte über 5 000 mg/kg gefunden [2].

Die Nitratkonzentration in pflanzlichen Lebensmitteln wird von der Bodenbeschaffenheit und vom Klima beeinflusst. Bei Lichtmangel speichern manche

Pflanzen deutlich mehr Nitrat als bei hoher Lichtintensität. So ist Gemüse aus Nordeuropa durchschnittlich stärker belastet als solches aus dem Mittelmeerraum. Hohe Temperaturen führen zu einer verringerten Nitratanreicherung, während anhaltende Trockenheit die Nitratkonzentrationen in Pflanzen erhöht. Unabhängig von der Jahreszeit weist Gemüse aus dem Unterglasanbau durchschnittlich höhere Werte auf als solches aus dem Freiland.

Für Salat und Spinat sowie Beikost für Säuglinge wurden Höchstgehalte für Nitrat in der Verordnung VO EG Nr. 466/2001 festgelegt (◆Tabelle 2). Keine Grenzwerte existieren dagegen bisher für Feldsalat und Rucola.

Da Nitrat gut wasserlöslich ist, kann es mit versickernden Niederschlägen in das Grundwasser ausgewaschen werden. Der Nitratgehalt im Grundwasser hängt vom landwirtschaftlichen Nutzungsgrad einer Region ab. Der gesetzliche Höchstwert für Nitrat in Trinkwasser beträgt 50 mg/l. Auch für Mineral- und Tafelwasser wurden Höchstmengen festgelegt (◆Tabelle 3).

Natrium- und Kaliumnitrat werden außerdem als Konservierungs- und Umrötmittel vor allem bei der Herstellung von Pökelerzeugnissen (z. B. roher



Schinken, Rohwurst) eingesetzt. Die erwünschte Pökelform wird erst durch das entstehende Nitrit erzielt, das während der Reifung von Bakterien aus Nitrat gebildet wird (s. Nitrit).

Bei der Herstellung von Schnittkäse verhindert ein Nitratzusatz eine durch Buttersäurebakterien verursachte Gasbildung, die so genannte Spätblähung.

Außerdem wird Nitrat als Zusatzstoff für eingelegte Heringe und Sprotten verwendet.

Für Lebensmittel, bei denen Nitrat als Zusatzstoff zugelassen ist, gelten Höchstmengen (◆ Tabellen 4 und 5).

### 1.2 Nitrataufnahme und Stoffwechsel

Die Nitratzufuhr durch Lebensmittel liegt in Europa durchschnittlich bei 52 bis 156 mg/Tag. 70 bis 90 % davon stammen aus Gemüse. Daher kann die Nitrataufnahme bei Personen mit hohem Gemüseverzehr noch deutlich darüber liegen. In einer Studie in Großbritannien wurde für Vegetarier eine durchschnittliche Zufuhr von 185 bis 195 mg/Tag ermittelt, für Personen mit besonders hohem Salatverzehr lagen die Werte ähnlich hoch [1]. In bestimmten Regionen kann Trinkwasser eine weitere wichtige Ni-

tratquelle sein. Die Verwendung von Nitraten als Zusatzstoffe ist für die Gesamtaufuhr dagegen von untergeordneter Bedeutung.

Nitrat wird nahezu vollständig resorbiert. 60 bis 70 % der Zufuhr werden über die Niere unverändert ausgeschieden. Etwa 25 % gelangen über den entero-oralen Kreislauf mit dem Speichel in die Mundhöhle und können dort und im Magen zu Nitrit reduziert werden. Weitere 5 bis 15 % werden im Dickdarm sezerniert.

Etwa 1 mg Nitrat pro kg Körpergewicht werden endogen aus Stickstoff-

niedriger Nitratgehalt bis maximal 250 mg/kg		mittlerer Nitratgehalt bis maximal 1 000 mg/kg		hoher Nitratgehalt mit Maximalwerten über 1 000 mg/kg	
Gemüseart	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> in mg/kg	Gemüseart	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> in mg/kg	Gemüseart	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> in mg/kg
<b>Fruchtgemüse</b>		<b>Fruchtgemüse</b>		<b>Blattgemüse</b>	
Erbsen	15-57	Zucchini	600-810	Kopfsalat	907-4 674
Gurke	23-242	Aubergine	215-460	Eisbergsalat	140-1 750
Paprika	10-78	grüne Bohnen	195-450	Spinat	390-3 383
Tomate	4-53	Kürbis	410	Mangold	2 076
<b>Kohlgemüse</b>		<b>Kohlgemüse</b>		<b>Kohlgemüse</b>	
Rosenkohl	7-12	Brokkoli	125-471	Grünkohl	150-1 600
		Weißkohl	93-530		
		Blumenkohl	37-715		
<b>Wurzel- und Knollengemüse</b>		<b>Wurzel- und Knollengemüse</b>		<b>Wurzel- und Knollengemüse</b>	
Kartoffeln	35-200	Karotten	115-271	Rote Bete	1 560-2 588
Pastinake	81			Rettich / Radieschen	1 100-1 510
				Sellerie	870-3 700
<b>Zwiebelgemüse</b>		<b>Zwiebelgemüse</b>		<b>sonstige:</b>	
Zwiebel	80-210	Lauch	240-570	Fenchel	2 000
<b>sonstige:</b>					
Spargel	13				
Pilze	70				
Chicorée	9				

Tab. 1: Einteilung der Gemüsesorten nach der Höhe ihres Nitratgehaltes (Werte aus [1])

Erzeugnis	Erntezeitpunkt, Anbaubedingungen	Höchstgehalte für Nitrat in mg/kg
Frischer Spinat	Ernte vom 1. November bis 31. März	3 000
	Ernte vom 1. April bis 31. Oktober	2 500
TK-Spinat	unabhängig vom Erntezeitpunkt	2 000
Kopfsalat	Ernte vom 1. November bis 31. März:	
	- unter Glas angebaut	4 500
	- Freiland	4 000
	Ernte vom 1. April bis 31. Oktober:	
- unter Glas angebaut	3 500	
- Freiland	2 500	
Eisbergsalat	- unter Glas angebaut	2 500
	- Freiland	2 000
Beikost für Säuglinge und Kleinkinder		200

Tab. 2: Höchstgehalte für Nitrat nach Verordnung VO EG Nr. 466/2001

monoxid (NO) gebildet, welches im Organismus aus Arginin synthetisiert wird. Stickstoffmonoxid ist eine sehr reaktive Substanz. Es besitzt eine Halbwertszeit von nur wenigen Sekunden und ist daher unmittelbar am Ort der Entstehung wirksam. In größerem Umfang wird es in Makrophagen gebildet und dient zur Bekämpfung von Krankheitserregern. Bei fiebrigen Erkrankungen wird es daher in besonders hoher Dosierung freigesetzt. Stickstoffmonoxid kann aber auch in anderen Organen und Geweben gebildet werden. Es wirkt gefäßerweiternd und dient so zur Regulation des Blutdrucks, außerdem beeinflusst es die Wundheilung und dient als Neurotransmitter im Nervensystem. Stickstoffmonoxid wird über Nitrit zu Nitrat verstoffwechselt und hauptsächlich in dieser Form ausgeschieden.

### 1.3 Schadstoffwirkung im Organismus

Nitrat gilt für den Menschen in den üblich verzehrten Mengen als unbedenklich. Die tödliche Dosis liegt bei 15 g.

Da Nitrat im Organismus mit Jod konkurriert, kann es dessen Aufnahme in die Schilddrüse hemmen. Eine Vergrößerung und Neubildung thyroxinbildender Zellen ist jedoch nur bei Jodmangel und gleichzeitig dauerhaft hoher Nitratzufuhr zu befürchten. Für die strumigene Wirkung sind Aufnahmemengen ab 3,65 mg NO<sub>3</sub>/kg Körpermasse erforderlich [3]. Eine deutschlandweite Querschnittsstudie fand keine Korrelation zwischen der Nitratbelastung und Schilddrüsengröße bzw. -veränderungen [3].

Die größere Bedeutung von Nitrat als Schadstoff wird in der Umwandlung

zu Nitrit gesehen, das sowohl für den Säugling gefährlich werden als auch in Lebensmitteln oder im menschlichen Körper zur Bildung krebserregender Nitrosamine führen kann. Ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Nitratzufuhr und der Häufigkeit von Krebserkrankungen konnte allerdings epidemiologisch bisher nicht nachgewiesen werden (s. Teil 2: „Nitrosamine“ im nächsten Heft) [1, 4]. Die duldbare tägliche Tagesdosis (ADI-Wert) liegt für Nitrat bei 3,7 mg pro kg Körpergewicht. Gelegentliche Überschreitungen wie beispielsweise durch Verzehr nitratreicher Gemüse werden als gesundheitlich nicht relevant betrachtet. Der ADI-Wert gilt nicht für Säuglinge unter 3 Monaten, die besonders empfindlich auf Nitrit reagieren.

## 2. Nitrit

Lebensmittel enthalten im Normalfall nur geringe Mengen Nitrit (NO<sub>2</sub>), die wesentliche Quelle hierfür sind gepökelte Fleischerzeugnisse. Eine weitaus größere Bedeutung hat die endogene Bildung von Nitrit aus Nitrat.

### 2.1 Endogene Bildung aus Nitrat

Nitrat aus Nahrungsmitteln wird durch Bakterien in der Mundhöhle und der Darmflora teilweise zu Nitrit umgewandelt. Zusätzlich wird ein Viertel des resorbierten Nitrats mit dem Speichel wieder sezerniert und kann ebenfalls mikrobiell reduziert werden. Innerhalb von 24 Stunden werden durch den entero-oralen Nitrat/Nitrit-Kreislauf etwa 6 bis 7 % der aufgenommenen Nitratmenge in Nitrit umgesetzt. Sie machen 90 % der Gesamtmenge an Nitrit aus, nur etwa 10 % werden mit der Nahrung zugeführt.

Das Ausmaß der endogenen Nitratreduktion weist erhebliche individuelle Unterschiede auf. Generell steigen die Gehalte an Nitrat und Nitrit jedoch nach Verzehr eines nitratreichen Lebensmittels schlagartig an und bleiben mehrere Stunden erhöht. Bestimmte Erkrankungen, zum

Wasser	Höchstwert Nitrat	Höchstwert Nitrit
Trinkwasser	50 mg/l*	0,5 mg/l*, am Ausgang des Wasserwerks max. 0,1 mg/l
* Die Summe aus Nitratkonzentration in mg/l geteilt durch 50 und Nitritkonzentration in mg/l geteilt durch 3 darf nicht größer als 1 mg/l sein		
Mineral- und Tafelwasser	50 mg/l	0,1 mg/l
Mineral- und Tafelwasser mit Hinweis auf eine Eignung für die Säuglingsernährung	10 mg/l	0,02 mg/l

Tab. 3: Höchstwerte an Nitrat und Nitrit nach Trinkwasserverordnung und Mineral- und Tafelwasser-Verordnung

E-Nummer	Zusatzstoff	Lebensmittel	Verwendete Höchstmenge
E 249	Kaliumnitrit	Fleischerzeugnisse	150 mg/kg* (berechnet als NaNO <sub>2</sub> )
E 250	Natriumnitrit	sterilisierte Fleischerzeugnisse	100 mg/kg* (berechnet als NaNO <sub>2</sub> )
		nicht wärmebehandelte Fleischerzeugnisse	150 mg/kg* (berechnet als NaNO <sub>3</sub> )
E 251 E 252	Kaliumnitrat Natriumnitrat	Hartkäse, halbfester und halbweicher Käse sowie Käseanaloge auf Milchbasis	150 mg/kg in der Käseireimilch (berechnet als NaNO <sub>3</sub> )
		ingelegte Heringe und Sprotten	500 mg/kg (berechnet als NaNO <sub>3</sub> )

\* Eine Reihe von Sonderregelungen gelten für traditionelle Fleischerzeugnisse.

Tab. 4: Höchstmengen für den Zusatz an Nitrit und Nitrat in Lebensmitteln (ZzulV)

Beispiel ein Mangel an Magensalz-säure (Achlorhydrie), fördern die Nitritbildung.

## 2.2 Nitrit in Lebensmitteln

Auch in nitrathaltigen Lebensmitteln ist eine bakterielle Umwandlung zu Nitrit möglich. Sie nimmt mit steigender Keimzahl und der Lagerdauer zu. Weitere Einflussfaktoren sind Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt des Lebensmittels sowie die fermentative Ausstattung der enthaltenen Mikroorganismen. Durch einen hygienischen Umgang mit nitrathaltigen Lebensmitteln kann die Nitritbildung minimiert werden. Daher gilt zum Beispiel die Empfehlung, nitratreiche Mahlzeiten kühl zu lagern und möglichst bald zu verzehren.

Die Bildung von Nitrit im Lebensmittel kann jedoch auch erwünscht sein – beim Pökeln mit Nitrat ist sie die Voraussetzung für die Pökelfarbe. Während ursprünglich nur Nitrat (Salpeter) zum Pökeln eingesetzt wurde, ging man zunehmend dazu über, direkt Nitrit zu verwenden. Es wird Fleischerzeugnissen als Zusatzstoff in Form von Nitritpökelsalz, einem Gemisch aus Speisesalz und

0,4 bis 0,5 % Natriumnitrit zugesetzt und hat folgende Wirkungen:

- Es wandelt die ursprüngliche Fleischfarbe in die charakteristische, hitzestabile, rote Pökelfarbe um, indem aus dem Muskelfarbstoff Myoglobin N-Nitroso-Myoglobin gebildet wird (Umrötung).
- Es entwickelt das typische „Pökelfaroma“ der Erzeugnisse.
- Es hemmt das Wachstum pathogener Keime wie Clostridium botulinum und besitzt dadurch eine konservierende Wirkung.
- Es hemmt die Oxidation von Fettsäuren und verzögert damit das Ranzigwerden der Fette.

Höchstmengen für den Zusatz an Nitrit und Nitrat in Lebensmitteln sind in der Zusatzstoff-Zulassungsverordnung (ZzulV) geregelt. Für die meisten Fleischerzeugnisse gelten die Werte in ♦Tabelle 4. Für traditionelle Fleischerzeugnisse gibt es zahlreiche Sonderregelungen mit Höchstmengen bis zu 180 mg/kg Natrium- oder Kaliumnitrit bzw. 300 mg/kg Natrium- oder Kaliumnitrat. Für bestimmte traditionelle Erzeugnisse wurden Rückstandshöchstmengen statt der Beschränkung des Zusatzes von Nitrit festgesetzt. In geringerem

Umfang dürfen Nitrat oder Nitrit nach der EG-Öko-Verordnung 91/2092/EWG auch in Fleischprodukten aus ökologischer Erzeugung eingesetzt werden (♦Tabelle 5).

## 2.3 Nitritaufnahme und Stoffwechsel

Für die mittlere Aufnahme von Nitrit in Europa wurden Werte von 0,7 bis maximal 4,2 mg pro Tag ermittelt, wobei der obere Wert als methodenbedingte Überschätzung angesehen wird [1]. Nitrit wird im Magen-Darm-Trakt innerhalb kurzer Zeit resorbiert und im Blut durch Hämoglobin zu Nitrat oxidiert. Auf diese Weise wird es mit einer Halbwertszeit von durchschnittlich 30 Minuten eliminiert.

## 2.4 Schadstoffwirkung im Organismus

In hohen Dosierungen wirkt Nitrit akut toxisch. Es bindet sich an den roten Blutfarbstoff Hämoglobin und wandelt diesen in so genanntes Methämoglobin um, welches keinen Sauerstoff transportieren kann. Das Enzym Methämoglobinreduktase (Diaphorase) macht diese Reaktion rückgängig. Bei extrem hoher Nitrit-

E-Nummer	Zusatzstoff	Lebensmittel	Richtwert für die Zugabemenge	Rückstandshöchstmenge
E 250	Natriumnitrit	Fleischerzeugnisse	80 mg/kg ausgedrückt in NaNO <sub>2</sub>	50 mg/kg ausgedrückt in NaNO <sub>2</sub>
E 252	Kaliumnitrat	Fleischerzeugnisse	80 mg/kg ausgedrückt in NaNO <sub>3</sub>	50 mg/kg ausgedrückt in NaNO <sub>3</sub>

Tab. 5: Richtwerte für die Zugabemenge und Rückstandshöchstmengen für Nitrit und Nitrat in Lebensmitteln aus ökologischer Erzeugung nach EG-Öko-Verordnung

zufuhr wird die Kapazität des Enzyms jedoch überschritten. Ein Methämoglobinanteil bis zu 20 % wird meist noch symptomlos vertragen, bei 50 % tritt lebensbedrohender Sauerstoffmangel auf (Blausucht). Dosierungen von 1 bis 2 g Nitrit lösen schwere Vergiftungen aus, die letale Dosis wird mit 4 g angegeben.

Besonders empfindlich gegenüber Nitrit sind Säuglinge im Alter von bis zu 3 Monaten, da die Methämoglobinreduktase noch wenig aktiv ist. Ursache von Vergiftungen war in der Vergangenheit stark nitratreiches Trinkwasser ländlicher Gebiete (200 bis 500 mg Nitrat/l), das zur Herstellung von Säuglingsnahrung verwendet wurde. Seit die Belastung des Trinkwassers mit Nitrat deutlich zurückgegangen ist, ist bei uns kein Fall von trinkwasserbedingter Säuglingsblausucht bekannt geworden. Als Auslöser wurden aber vereinzelt auch unsachgemäß gelagerte Breie aus nitratreichem Gemüse dokumentiert. Wichtiger als die akute Toxizität scheint jedoch die Eigenschaft von Nitrit zu sein, mit sekundären Aminen zu krebserregend wirkenden Nitrosaminen reagieren zu können. Die Bedeutung dieses Reaktionswegs für die Gesundheit des Menschen ist allerdings noch unklar. Epidemiologische Studien lieferten bisher widersprüchliche Ergebnisse. Ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Zufuhr und der Häufigkeit von Krebserkrankungen konnte nicht nachgewiesen werden [1, 5] (s. Teil 2: „Nitrosamine“ im nächsten Heft).

Der Wissenschaftliche Lebensmittelausschuss der Europäischen Union (Scientific Committee on Food, SCF) hat für Nitrit einen ADI-Wert von 0,06 mg pro kg Körpergewicht festgelegt, etwas niedriger als der Wert der WHO von 0,07 mg/kg [1, 5].

## 2.5 Positive Wirkungen von Nitrit im Organismus

In neuerer Literatur werden auch positive Wirkungen für Nitrit beschrieben, vor allem Schutzfunktionen im Magen. Im sauren Milieu des Magens entstehen aus Nitrit spontan reaktive Stickstoffverbindungen, unter anderem Stickstoffmonoxid, die antibakteriell wirken. Sie können mit der Nahrung aufgenommene pathogene Keime inaktivieren. Diese Wirkung wurde u. a. gegenüber *Yersinia*, *Salmonella*, *Shigella*, *E. coli* und *Helicobacter pylori* gezeigt. Dabei wirken Stickstoffverbindungen und Magensäure synergistisch. Stickstoffmonoxid hat darüber hinaus einen schützenden Effekt auf die Magenwand. Es regt die Blutzirkulation in der Magenschleimhaut an und fördert die Dicke der Schleimschicht an der Magenwand.

Außerdem wirkt Nitrit blutdrucksenkend über die Bildung von Stickstoffmonoxid, welches gefäßerweiternd wirkt. [5, 6, 7]

## Literatur

1. European Commission (Hg). *Opinions of the Scientific Committee for Food on: Nitrates and Nitrite. Reports of the Scientific Committee for Food (thirty-eighth series) 1997.* URL: [http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/reports/scf\\_reports\\_38.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/reports/scf_reports_38.pdf) Zugriff 6.3.08
2. Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR). *Nitrat in Rucola. Stellungnahme Nr. 004/2005 des BfR vom 8.12.2004.* URL: [http://www.bfr.bund.de/cm/208/nitrat\\_in\\_rucola.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/208/nitrat_in_rucola.pdf) Zugriff 6.3.08
3. Hampel R, Zöllner H (2004) *Zur Jodversorgung und Belastung mit strumigen Noxen in Deutschland.* *Ernährungs Umschau* 51: 132–137
4. WHO (Hg). *Nitrate (and potential endogenous formation of N-nitroso compounds).* WHO Food Additives Series 50, 2003. URL: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je06.htm> Zugriff 6.3.08
5. WHO (Hg). *Nitrite (and potential endogenous formation of N-nitroso compounds).* WHO Food Additives Series 50, 2003. URL: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je05.htm> Zugriff 6.3.08
6. Schmid A (2006) *Einfluss von Nitrat und Nitrit aus Fleischerzeugnissen auf die Gesundheit des Menschen.* *Ernährungs Umschau* 53: 490–495
7. Classen HG et al. *Toxikologisch-hygienische Beurteilung von Lebensmittelinhaltsstoffen und Zusatzstoffen.* 2. Aufl. Behr's Verlag, Hamburg 2001

## Weiterführende Literatur

- Classen HG et al. *Toxikologisch-hygienische Beurteilung von Lebensmittelinhaltsstoffen und Zusatzstoffen.* 2. Aufl. Behr's Verlag, Hamburg 2001
- Diehl FD. *Chemie in Lebensmitteln. Rückstände, Verunreinigungen, Inhalts- und Zusatzstoffe.* Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2000
- Dunkelberg H., Gebel T, Hartwig A.: *Handbuch der Lebensmitteltoxikologie. Belastungen, Wirkungen, Lebensmittelsicherheit, Hygiene.* Wiley-VCH-Verlag, Weinheim 2007
- Kühne D (2003) *Nitrit, Nitrat und Nitrosamine.* *Fleischwirtschaft* 11 S. 143–147
- Marquardt H., Schäfer S. (Hrsg.): *Lehrbuch der Toxikologie.* 2. Aufl., Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart
- Nau H, Steinberg P, Kietzmann M. *Lebensmitteltoxikologie. Rückstände und Kontaminanten: Risiken und Verbraucherschutz.* Blackwell Verlag, Berlin 2003