

Nickel: Schätzung der langfristigen Aufnahme über Lebensmittel auf Grundlage der BfR-MEAL-Studie

Mitteilung Nr. 033/2022 vom 22. November 2022

Nickel ist ein Metall, das als Bestandteil der Erdkruste in der Umwelt weitverbreitet ist. Neben diesem natürlichen Eintrag kann Nickel auch über industrielle Anwendungen in Trinkwasser und Lebensmittel gelangen. Als kritischer Effekt für die Bewertung der Wirkung von Nickel bei langfristiger oraler Aufnahme sind negative Auswirkungen auf die Entwicklung der Nachkommen in tierexperimentellen Studien identifiziert worden. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA hat im Jahr 2020 die gesundheitlichen Risiken durch Nickel in Lebensmitteln erneut bewertet und eine tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (*Tolerable Daily Intake*, TDI) von 13 Mikrogramm pro Kilogramm ($\mu\text{g}/\text{kg}$) Körpergewicht und Tag abgeleitet.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat mit seiner MEAL-Studie 90 % der in Deutschland am meisten verzehrten Lebensmittel auf verschiedene Stoffe, u.a. Nickel, untersucht. Das Ergebnis: Die Lebensmittelhauptgruppen „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ sowie „Kaffee, Kakao und Tee“ weisen mit ca. 1,6 Milligramm pro Kilogramm (mg/kg) beziehungsweise 1,5 mg/kg die höchsten mittleren Nickelgehalte auf. Kakaopulver ist dabei mit ca. 11,1 mg/kg das Lebensmittel mit dem höchsten gemessenen Gehalt, gefolgt von Cashewkernen mit ca. 5,4 mg/kg . Aufgrund des relativ hohen Verzehrs tragen Lebensmittel der Hauptgruppe „Getreide und Produkte auf Getreidebasis“ mit 24 % für Erwachsene und Jugendliche und 28 % für Kinder am stärksten zur Nickelaufnahme bei.

Bei Erwachsenen und Jugendlichen schöpft die auf Basis der MEAL-Daten berechnete Aufnahme von Nickel über die Nahrung den gesundheitsbasierten Richtwert (TDI) durchschnittlich zu 11 % aus. Die Aufnahme bei Kindern führt zu einer Ausschöpfung des TDI von durchschnittlich 42 %. Bei einigen (< 5 %) hochexponierten Kindern (0,5–5 Jahre) überschreitet die Nickelaufnahme den TDI. Im Vergleich dazu liegt in der Schätzung der EFSA die hohe Aufnahme der Kinder zumeist über dem TDI. Aus Sicht der EFSA können für die jungen Altersgruppen daher gesundheitliche Bedenken hinsichtlich der Aufnahme von Nickel über Lebensmittel bestehen. Nickel kann bei Personen mit einer bestehenden Kontaktallergie auch bei der oralen Aufnahme allergische Hautreaktionen auslösen bzw. verschlimmern. Die Bewertung der Nickerexposition über Lebensmittel hinsichtlich dieser akuten Wirkung ist jedoch mit den vorliegenden Daten aus methodischen Gründen nicht möglich.

Das BfR hat in den vergangenen Jahren zu unterschiedlichen nickelhaltigen Produkten Stellung bezogen (u. a. Spielzeug, Tattoos, Duftkerzen). Weitere Informationen finden Sie hier: www.bfr.bund.de/de/a-z_index/nickel-4867.html

1 Hintergrund

Das BfR hat mit seiner MEAL-Studie die erste deutsche *Total Diet*-Studie (TDS) durchgeführt. MEAL steht für „**M**ahlzeiten für die **E**xpositionsschätzung und **A**nytik von **L**ebensmitteln“. Sie wird im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) durchgeführt und berücksichtigt mehr als 90 % der vom Durchschnitt der Bevölkerung in Deutschland verzehrten Lebensmittel. Damit wird eine repräsentative Datengrundlage zu Gehalten von Stoffen in Lebensmitteln entsprechend der Verzehrgewohnheiten in der Bevölkerung in Deutschland erhoben. Zusätzlich werden auch selten verzehrte Lebensmittel mit bekanntermaßen hohen Gehalten an unerwünschten Stoffen berücksichtigt. Die Lebensmittel werden vor ihrer Analyse so zubereitet, wie sie üblicherweise in deutschen Haushalten

verzehrt werden. Durch die BfR-MEAL-Studie können Unsicherheiten bestehender Expositionsschätzungen minimiert und Datengrundlagen für Stoffe geschaffen werden, die bislang nicht ausreichend untersucht wurden (Sarvan et al. 2017).

2 Gefährdungspotenzial

Nickel (Ni) ist ein Metall, das als Bestandteil der Erdkruste überall in der Umwelt vorhanden ist. Es kommt in verschiedenen Oxidationsstufen vor. In Lebensmitteln und im Trinkwasser liegt Nickel im Allgemeinen in der divalenten (zweiwertigen) Form vor, welche die stabilste Oxidationsstufe darstellt. Bei chemischen Analysen von Nickel in Lebensmitteln wird üblicherweise der Gesamtgehalt aller Nickelverbindungen als „Gesamtnickel“ angegeben, zu einzelnen Nickelverbindungen in Lebensmitteln gibt es nur wenige Studien. In Lebensmitteln liegt Nickel in komplex gebundener organischer Form vor, und weist so andere physikochemische Eigenschaften und möglicherweise auch andere biologische Eigenschaften auf als anorganisches Nickel (EFSA 2020). Beispielsweise kommt Nickel in Kakaobohnen in organischer Form überwiegend als Ni-Gluconat-Komplex (Ni-Citrat-Komplex in Spuren) vor, während Kakaopulver überwiegend die nicht wasserlösliche divalente (Ni^{2+}) Form enthält (Peeters et al. 2017). Die höchste Bioverfügbarkeit wird für die wasserlösliche divalente (Ni^{2+}) Form beschrieben (Peeters et al. 2017, Schaumlöffel 2005).

Das Vorkommen von Nickel in Lebensmitteln ist zum Teil natürlich bedingt. Darüber hinaus kann Nickel in Lebensmitteln und Trinkwasser auch aus verschiedenen industriellen und technologischen Anwendungen stammen. Im Jahr 2020 hat die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (*European Food Safety Authority*, EFSA) ihr wissenschaftliches Gutachten zu den Risiken für die menschliche Gesundheit durch Nickel in Lebensmitteln und im Trinkwasser aus dem Jahr 2015 aktualisiert (EFSA 2020). Im Rahmen der toxikologischen Bewertung von Nickel wurde ein neuer gesundheitsbasierter Richtwert für die tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (*Tolerable Daily Intake*, TDI¹) von 13 Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht und Tag ($\mu\text{g}/\text{kg KG und Tag}$, EFSA 2020) abgeleitet, der höher ist als der zuvor abgeleitete von $2,8 \mu\text{g}/\text{kg KG und Tag}$. Dies ist auf die Anwendung der aktualisierten Leitlinien für die *Benchmark-Dosis* (BMD², EFSA 2017) zurückzuführen.

Nickel wird in erster Linie über Lebensmittel aufgenommen (EFSA 2015). Das CONTAM Panel (*Panel on Contaminants in the Food Chain*) der EFSA beschreibt folgende toxikologische bzw. toxikokinetische Eigenschaften (EFSA 2020). Die Absorption von Nickel aus dem gastrointestinalen Trakt hängt von der Art der Nickelverbindung und von ihrer Löslichkeit ab. Für die gesundheitliche Bewertung der chronischen Aufnahme geht man von einer Absorptionsrate von rund 10 % aus. Resorbiertes Nickel wird über den Blutstrom im Organismus verteilt. Nickel ist plazentagängig und kann während der Laktation auch in die Muttermilch übergehen. Die Ausscheidung erfolgt hauptsächlich über den Urin. Studien mit Nagern und Hunden haben gezeigt, dass die kurzfristige wiederholte orale Aufnahme hauptsächlich das Körpergewicht sowie Organgewichte (Leber und Niere) beeinträchtigt. Adverse Effekte auf Knochen

¹ Der TDI gibt die Menge eines Stoffes an, die täglich über die gesamte Lebenszeit ohne erkennbares Gesundheitsrisiko oral aufgenommen werden kann. Der TDI wird für Stoffe, die in die Lebensmittelkette einschließlich Trinkwasser eingebracht werden, abgeleitet und zur Bewertung des gesundheitlichen Risikos, das mit einer chronischen Exposition gegenüber solchen Stoffen verbunden ist, herangezogen. Er wird üblicherweise in $\text{mg}/\text{kg Körpergewicht und Tag}$ angegeben.

² *Benchmark-Dosis* (BMD): Über mathematische Dosis-Wirkungs-Modellierung ermittelte Dosis, die in den der Modellierung zugrundeliegenden Untersuchungen mit einer bestimmten Effektstärke assoziiert ist.

und das Darmmikrobiom wurden ebenfalls beobachtet. Darüber hinaus deuten einige Studien auf eine Störung neurologischer Funktionen bei Mäusen und Ratten hin. Bei Mäusen beeinträchtigen lösliche Nickelverbindungen die Fortpflanzungsfähigkeit. Entwicklungstoxische Effekte wurden bei Mäusen und Ratten nachgewiesen, wobei Ratten in experimentellen Studien empfindlicher waren als Mäuse. Die EFSA bewertete die erhöhte Inzidenz von Post-Implantationsverlusten bei Ratten nach wiederholter oraler Exposition mit löslichen Nickelverbindungen als kritischsten Effekt für die gesundheitliche Bewertung. Anhand der BMD-Analyse auf Basis dieses Effekts aus Ein- und Zwei-Generationen-Studien in Ratten wurde ein BMDL¹⁰ (*Benchmark Dose Lower Confidence Limit*) von 1,3 µg Nickel/kg KG und Tag als Referenzpunkt für die Ableitung eines TDI ermittelt. Unter Anwendung eines Anpassungsfaktors von 10 für mögliche Variabilität zwischen Arten sowie zwischen Individuen (derselben Art) wurde ein TDI von 13 µg/kg KG und Tag abgeleitet.

Nickel kann bei sensibilisierten Personen (Personen mit einer bestehenden Kontaktallergie gegenüber Nickel) auch bei oraler Exposition allergische Hautreaktionen auslösen bzw. verschlimmern. Für diesen akuten Effekt wurde ein LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*) von 4,3 µg/kg KG abgeleitet und als Referenzpunkt zur Anwendung des MoE³-Konzepts zugrunde gelegt (EFSA 2020). Da die BfR-MEAL-Studie jedoch methodisch ausschließlich auf die Ermittlung der langfristigen Exposition ausgerichtet ist, ist die Bewertung der Nickerexposition über Lebensmittel hinsichtlich möglicher akuter Wirkungen mit den vorliegenden Daten nicht möglich.

3 Exposition

Nickel wurde in der BfR-MEAL-Studie in allen 356 Lebensmitteln der MEAL-Lebensmittelliste untersucht. Die Lebensmittel wurden zwischen Dezember 2016 und Mai 2019 deutschlandweit in vier verschiedenen Regionen eingekauft, wobei die Produktauswahl die unterschiedlichen Einkaufsgewohnheiten der Bevölkerung sowie für einen Teil der Lebensmittel mögliche regionale und saisonale Besonderheiten berücksichtigt. Um eine repräsentative Zusammenstellung der Proben zu erreichen, wurden Informationen über Verbraucherstudien erhoben sowie aus Marktdaten generiert. Die Lebensmittel wurden in der MEAL-Studienküche unter Nachbildung des typischen Verbraucherverhaltens zubereitet. Anschließend wurden die Lebensmittel und Gerichte gepoolt (zusammengefasst) und homogenisiert (Sarvan et al. 2017). Weitere Informationen sind auf der Website der BfR-MEAL-Studie abrufbar (www.bfr-meal-studie.de).

Für die Untersuchung auf Nickel wurden insgesamt 840 Pools aus jeweils 15–20 Einzellebensmitteln gebildet. Die Pools repräsentieren die Kombinationen verschiedener Einkaufsregionen (National, Ost, Süd, West, Nord), Einkaufszeitpunkte (Nicht saisonal, Saison 1, Saison 2⁴) und Erzeugungsarten (unspezifisch, biologisch, konventionell⁵). Dabei wurden von den 356 Lebensmitteln 105 stratifiziert nach Erzeugungsart beprobt und 70 stratifiziert nach Region. Die 356 Lebensmittel wurden 19 Lebensmittelhauptgruppen zugeordnet (s. Tabelle 1). Die nach Erzeugungsart (biologische bzw. konventionelle Erzeugung) differenzierten Proben zeigten nur geringfügige Unterschiede im Nickelgehalt. Allgemein kann keine Tendenz

³ *Margin of Exposure* (MoE): Quotient aus einem geeigneten Referenzpunkt aus der Dosis-Wirkungs-Beziehung und der geschätzten Exposition des Menschen gegenüber der Substanz.

⁴ Saison 1: Saison mit erwartungsgemäß vornehmlich Importware. Saison 2: Saison mit erwartungsgemäß vornehmlich in Deutschland erzeugter Ware.

⁵ Bei Lebensmitteln, die nicht nach Erzeugungsart stratifiziert untersucht wurden, wird die Erzeugungsart als unspezifisch bezeichnet. Hier können sowohl Proben aus konventioneller wie auch aus biologischer Erzeugung enthalten sein.

www.bfr.bund.de

zu höheren Gehalten für Proben einer Erzeugungsart festgestellt werden, daher erfolgt die tabellarische Darstellung der Gehalte und die Expositionsschätzung im Folgenden auf Grundlage der Pools aus konventioneller sowie unspezifischer Erzeugung.

3.1 Gehalte

Die für jeden der 840 Pools vorliegenden Einzelergebnisse werden standardmäßig nach modifiziertem *Lower Bound* (mLB)-Ansatz⁶ und *Upper Bound* (UB)-Ansatz⁷ berechnet und anschließend auf Poolebene gemittelt (Mittelwert der analytischen Mehrfachbestimmung eines Pools).

Insgesamt 23 % (193 von 840) der Pools weisen nicht quantifizierbare Nickel-Gehalte auf. Die höchsten Anteile an *Non-detects* wurden in den Lebensmittelhauptgruppen „Tierische und pflanzliche Fette und Öle“ (100 %) und „Eier und Eiprodukte“ (90 %) nachgewiesen.

In Tabelle 1 sind die Lebensmittelhauptgruppen, die Probenstruktur innerhalb der Lebensmittelhauptgruppen und die statistischen Kennzahlen der Nickelgehalte dargestellt. Die Kennzahlen wurden dabei aus den Mittelwerten der Pools jedes Lebensmittels berechnet, die Pools der Erzeugungsart „biologisch“ wurden dabei nicht berücksichtigt.

Die Lebensmittelhauptgruppen „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ und „Kaffee, Kakao, Tee“ weisen mit 1.583 µg/kg bzw. 1.488 µg/kg die höchsten Nickelgehalte auf. Die niedrigsten Nickelgehalte wurden für „Alkoholische Getränke“ (19 µg/kg), „Wasser und wasserbasierte Getränke“ (18 µg/kg) und „Eier und Eiprodukte“ (17 µg/kg) ermittelt. Die Nickelgehalte sämtlicher anderer Lebensmittelgruppen liegen zwischen 21 µg/kg und 601 µg/kg (jeweils Mittelwert, UB).

⁶ Modifizierter *Lower Bound* (mLB)-Ansatz: wenn Ergebnis < *Limit of detection* (LOD), dann Wert=0, wenn Ergebnis > LOD und < *Limit of quantification* (LOQ), dann Wert LOD; LOQ (Bestimmungsgrenze): niedrigster Gehalt eines Analyten in einer Probe, der mit einem gegebenen Messverfahren mit ausreichender Sicherheit quantitativ ermittelt werden kann; LOD (Nachweisgrenze): niedrigster Gehalt eines Analyten in einer Probe, der mit einem gegebenen Messverfahren von einer Leerprobe unterschieden werden kann.

⁷ *Upper Bound* (UB)-Ansatz: wenn Ergebnis < LOD, dann Wert LOD, wenn Ergebnis > LOD und < LOQ, dann Wert LOQ.

Tabelle 1: Nickelgehalte in der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen in µg/kg bei unspezifischer und konventioneller Erzeugung (Probeneinkauf: Dezember 2016 bis Mai 2019)

Lebensmittelhauptgruppe	Anzahl Lebensmittel ¹	Anzahl Pools ²	Nickelgehalt (µg/kg)								Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
			mLB				UB				
			MW	P50	Min	Max	MW	P50	Min	Max	
01 Getreide und Produkte auf Getreidebasis	40	82	349	163	8	1 975	359	163	20	1.975	Chia-Samen
02 Gemüse und Gemüseprodukte	34	132	83	53	6	340	84	53	17	340	Gemüsechips
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse	8	18	45	48	23	66	50	48	23	100	Kartoffeln gebraten (mLB) und Kartoffelchips (UB)
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	20	20	1.583	1.075	60	5.350	1.583	1.075	60	5.350	Cashewkerne
05 Obst und Obstprodukte	22	52	108	59	5	1.080	112	59	16	1.080	Trockenfrüchte
06 Fleisch und Fleischprodukte	35	85	22	22	6	60	27	24	16	60	Leberwürste (Geflügel)
07 Fische und Meeresfrüchte	30	39	23	15	6	165	30	20	16	165	Weichtiere
08 Milch und Milchprodukte	23	23	42	16	0	295	48	20	6	295	Milchspeiseeis
09 Eier und Eiprodukte	2	8	5	5	5	5	17	17	17	18	Spiegelei/Hühnerei gebraten
10 Zucker, Süßwaren und wasserbasierte süße Desserts	15	15	585	350	0	2.800	601	350	30	2.800	Zartbitterschokolade/ Bitterschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	8	8	15	15	0	30	65	65	30	100	Maiskeimöl und Sonnenblumenöl ³
12 Obst- und Gemüsesäfte und -nektare	10	10	13	6	6	27	21	20	20	27	Multivitamin-Fruchtsaft

13 Wasser und wasserbasierte Getränke	6	12	12	6	1	44	18	18	3	44	Energy Drinks
14 Kaffee, Kakao, Tee	9	9	1.482	15	3	11.050	1.488	22	13	11.050	Kakaopulver
15 Alkoholische Getränke	8	8	6	6	0	21	19	20	6	48	Rotwein (mLB) und Spirituosen (UB) ⁴
16 Produkte für Säuglinge und Kleinkinder	11	11	176	37	6	1 040	185	50	20	1.040	Getreidebrei (Hirse) (Pulver)
17 Vegane/Vegetarische Produkte	7	7	386	180	48	1 000	386	180	48	1.000	Sojaweiß-Extrudat
18 Zusammengesetzte Gerichte	52	136	52	42	6	220	53	42	20	220	Linsen-, Erbsen-, Bohnensuppe
19 Soßen und Würzmittel	16	19	105	43	6	565	111	51	10	565	Sojasauce

MW: Mittelwert

P50: 50. Perzentil (Median)

Min: Minimum

Max: Maximum

¹ Anzahl unterschiedlicher Lebensmittel in der Lebensmittelhauptgruppe, z. B. gehören zur Hauptgruppe 01 „Getreide und Produkte auf Getreidebasis“ Lebensmittel wie „Weißbrote/Brötchen“, „Zwieback“, „Teigwaren mit Ei“, „Haferflocken“, „Kuchen mit Obst“

² Anzahl der Pools, die insgesamt zu der jeweiligen Lebensmittelhauptgruppe gehören, abhängig davon, wie die Lebensmittel dieser Hauptgruppe stratifiziert wurden

³ sämtliche Messungen < LOQ (100 µg/kg)

⁴ sämtliche Messungen für „Spirituosen“ < LOD (30 µg/kg) bzw. < LOQ (100 µg/kg), LOD (6–30 µg/kg) und LOQ (20–100 µg/kg) unterscheiden sich zwischen den Lebensmitteln

In der Lebensmittelhauptgruppe „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ wurde der maximale Nickelgehalt mit 5.350 µg/kg in der Poolprobe Cashewkerne nachgewiesen, bei „Kaffee, Kakao, Tee“ zeigte Kakaopulver mit 11.050 µg/kg den maximalen Gehalt. Zu den zehn MEAL-Lebensmitteln mit den höchsten Gehalten gehören darüber hinaus Sonnenblumenkerne, Walnüsse, Bitterschokolade, Getränkepulver gesamt, Haselnüsse sowie Haselnussmus, Chia-Samen und Kürbiskerne (Tabelle 2; da diese Lebensmittel keine Gehalte unterhalb der Nachweis- und Bestimmungsgrenze aufweisen, entsprechen die Ergebnisse im mLb denen im UB und sind nicht aufgeführt).

Tabelle 2: Lebensmittelpools mit dem höchsten Nickelgehalt (µg/kg) aus der BfR-MEAL-Studie (Probeneinkauf von Dezember 2016 bis Mai 2019, UB-Szenario).

No.	Lebensmittelpool	Pool-Stratifizierung	Nickelgehalt (µg/kg)
1	Kakaopulver	nicht stratifiziert ¹	11.050
2	Cashewkerne	nicht stratifiziert	5.350
3	Sonnenblumenkerne	nicht stratifiziert	4.750
4	Walnüsse	nicht stratifiziert	4.300
5	Zartbitterschokolade/Bitterschokolade	nicht stratifiziert	2.800
6	Getränkepulver gesamt	nicht stratifiziert	2.150
7	Haselnüsse	nicht stratifiziert	2.000
8	Haselnussmus	nicht stratifiziert	2.000
9	Chia-Samen	nicht stratifiziert	1.975
10	Kürbiskerne	nicht stratifiziert	1.850

¹ keine differenzierte Probennahme nach Region, Saison oder Erzeugungsart erfolgt

3.2 Verzehrdaten

Als Datengrundlage hinsichtlich des Verzehrs bei Jugendlichen und Erwachsenen diente die Nationale Verzehrsstudie II (NVS II) des Max Rubner-Instituts (MRI). Die NVS II ist die aktuelle repräsentative Studie zum Verzehr der Bevölkerung Deutschlands. Die Studie, bei der etwa 20.000 Personen im Alter zwischen 14 und 80 Jahren mittels drei verschiedener Erhebungsmethoden (*Dietary History*, *24h Recall* und Wiegeprotokoll) zu ihrem Ernährungsverhalten befragt wurden, fand zwischen 2005 und 2006 in ganz Deutschland statt (Krems et al. 2006, MRI 2008). Die Verzehrsauswertungen beruhen auf den Daten der beiden unabhängigen *24h Recalls* der NVS II, die in einem computergestützten Interview mittels „EPIC-SOFT“ erhoben wurden. Es wurden die Daten von 13.926 Personen, von denen beide Interviews vorlagen, ausgewertet.

Als Datengrundlage zum Verzehr für Kinder unter 5 Jahren wurde die VELS-Studie (Verzehrsstudie zur Ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern für die Abschätzung eines akuten Toxizitätsrisikos durch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln) herangezogen (Heseker et al. 2003; Banasiak et al. 2005). Die Studie wurde zwischen 2001 und 2002 an 816 Säuglingen und Kleinkindern im Alter zwischen 6 Monaten bis unter 5 Jahren in ganz Deutschland durchgeführt. Die Eltern führten für jedes Kind zwei 3-Tage-Ernährungsprotokolle über alle verzehrten Lebensmittel. Für die Expositionsschätzung wurden die nicht mehr gestillten Kinder (N=732) ausgewählt.

3.3 Expositionsschätzung und -bewertung

3.3.1 Gesamtexposition

Die Schätzung der Gesamtaufnahme von Nickel in der erwachsenen Bevölkerung Deutschlands sowie bei Kindern erfolgte über alle Befragte und alle Lebensmittel. Die Exposition wird jeweils für verschiedene Subgruppen der Bevölkerung Deutschlands berechnet. Dabei wird nach Geschlecht und verschiedenen Altersgruppen unterteilt. Für Erwachsene und Jugendliche wird in die Altersgruppen 14–18 Jahre, 19–24 Jahre, 25–34 Jahre, 35–50 Jahre, 51–64 Jahre und 65–80 Jahre unterschieden. Für Kinder wird in die Altersgruppen 0,5–< 1 Jahr, 1–< 2 Jahre und 2–< 5 Jahre unterschieden. Aufgrund der geringen Unterschiede zwischen dem mLB- und dem UB-Szenario werden nur die Ergebnisse im UB beschrieben. Auf wesentliche Unterschiede zwischen mLB und UB wird hingewiesen.

Erwachsene und Jugendliche

In Tabelle 3 ist die Nickelexposition für Jugendliche und Erwachsene stratifiziert nach Geschlecht dargestellt. Die durchschnittliche Exposition gegenüber Nickel (P50) von Jugendlichen und Erwachsenen liegt im UB bei 1,4 µg/kg KG und Tag. Bei Vielverzehrenden (P95) beträgt die Aufnahme von Nickel 3,2 µg/kg KG und Tag. Die Nickelaufnahme von Frauen entspricht etwa der von Männern. Auch zwischen verschiedenen Altersgruppen bestehen in allen Szenarien nur geringfügige Unterschiede der körperlsgewichtsbezogenen Nickelaufnahme (Daten nicht dargestellt).

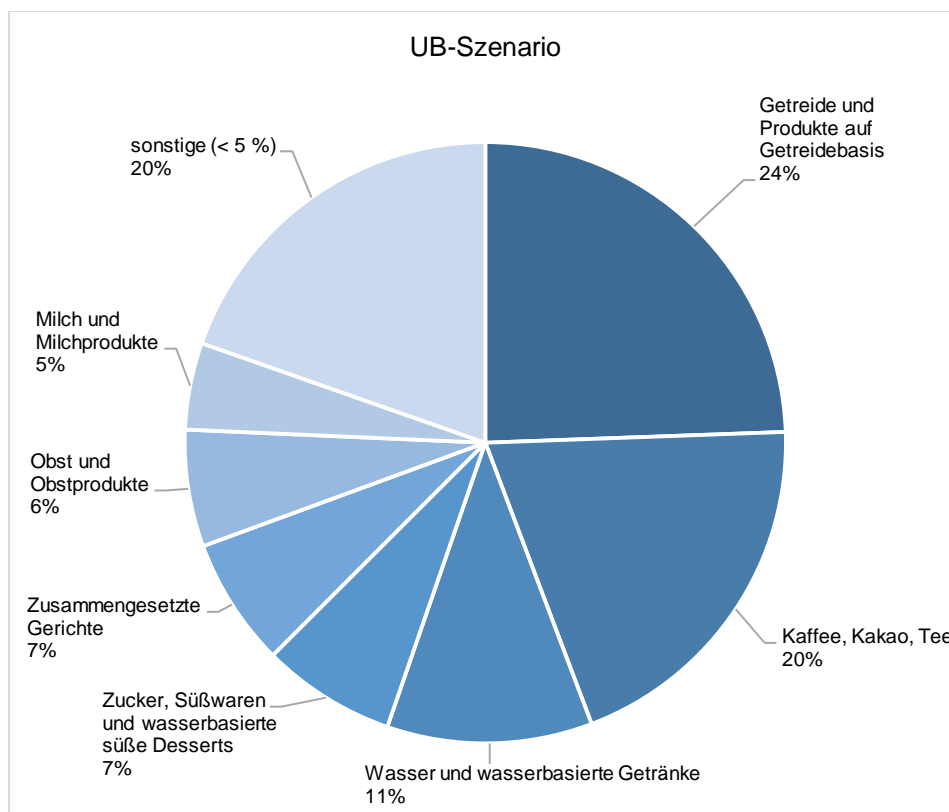
Tabelle 3: Nickelaufnahme in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Jugendliche und Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands bei Annahme des Verzehrs vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel* (Basis: NVSII; alle Befragte).

	Anzahl Befragte (N)	Nickelaufnahme (µg/kg KG und Tag)					
		mLB			UB		
		MW	P50	P95	MW	P50	P95
Gesamt	13.926	1,3	1,1	2,9	1,6	1,4	3,2
Männlich	6.897	1,3	1,1	2,8	1,6	1,4	3,1
Weiblich	7.029	1,4	1,2	2,9	1,7	1,5	3,2

* verwendet wurden Gehaltsdaten der Pools aus konventioneller sowie unspezifischer Erzeugung

Den größten Anteil an der Gesamtexposition gegenüber Nickel bei Jugendlichen und Erwachsenen haben im UB Lebensmittel der Hauptgruppe „Getreide und Produkte auf Getreidebasis“ (24 %) (Abbildung 1). Es folgen „Kaffee, Kakao, Tee“ und „Wasser und wasserbasierte Getränke“ mit einem Anteil von 20 % bzw. 11 %. Die Lebensmittelhauptgruppe „Zusammengesetzte Gerichte“ macht 7 % der Nickelaufnahme aus, wobei diese Gruppe hinsichtlich der Lebensmittelzutaten sehr heterogen zusammengesetzt ist. Sie umfasst Gerichte, deren Zutaten auch in anderen Lebensmittelhauptgruppen vertreten sind, vor allem in „Gemüse und Gemüseprodukte“, „Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse“, „Getreide und Produkte auf Getreidebasis“ sowie „Fleisch und Fleischprodukte“. Mit einem Anteil von 5 % bis 7 % tragen „Milch und Milchprodukte“, „Obst und Obstprodukte“ sowie „Zucker, Süßwaren und wasserbasierte süße Desserts“ zur Gesamtexposition bei. Alle weiteren Lebensmittelhauptgruppen folgen mit einem Anteil < 5 % an der Nickerexposition.

Abbildung 1: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Nickelaufnahme für Jugendliche und Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands bei Annahme des Verzehrs vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel (Basis: NVSII; alle Befragte; durchschnittlicher Verzehr (MW); UB-Szenario)



Bezüglich der Anteile der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Nickelaufnahme ergeben sich einige Unterschiede zwischen dem mLb- und UB-Szenario. Im mLb-Szenario hat die Lebensmittelhauptgruppe „Wasser und wasserbasierte Getränke“ weniger als 5 % Anteil an der Nickel-Aufnahme, im UB-Szenario sind es 11 %. Dieser Unterschied ist auf den hohen Anteil an Gehalten unterhalb der Nachweis- und Bestimmungsgrenze in der

Gruppe „Wasser und wasserbasierte Getränke“ zurückzuführen⁸. Entsprechend kommt es im mLB-Szenario zu einem höheren Anteil der übrigen Lebensmittelhauptgruppen.

Kinder

Kinder, sowohl Mädchen als auch Jungen, nehmen durchschnittlich 5,5 µg Nickel/kg KG und Tag (P50) auf (Tabelle 4). Bei vielverzehrenden (P95) Jungen und Mädchen errechnet sich eine Nickelaufnahme von 10,8 bzw. 10,4 µg/kg KG und Tag. In der jüngsten Altersgruppe (0,5 –< 1 Jahr) ist die Nিকেlexposition mit 4,4 µg/kg KG und Tag (P50, UB) niedriger als in den Altersgruppen 1–< 2 Jahre und 2–< 5 Jahre. Mit 5,8 µg/kg KG und Tag weisen Kinder der Altersgruppe 1–< 2 Jahre die höchste Nিকেlexposition auf. Bei Vielverzehrenden dieser Altersgruppe liegt die Nickelaufnahme bei 11,0 µg/kg KG und Tag.

Tabelle 4: Nickelaufnahme in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Annahme des Verzehrs vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel* (Basis: VELS-Studie; alle Befragte).

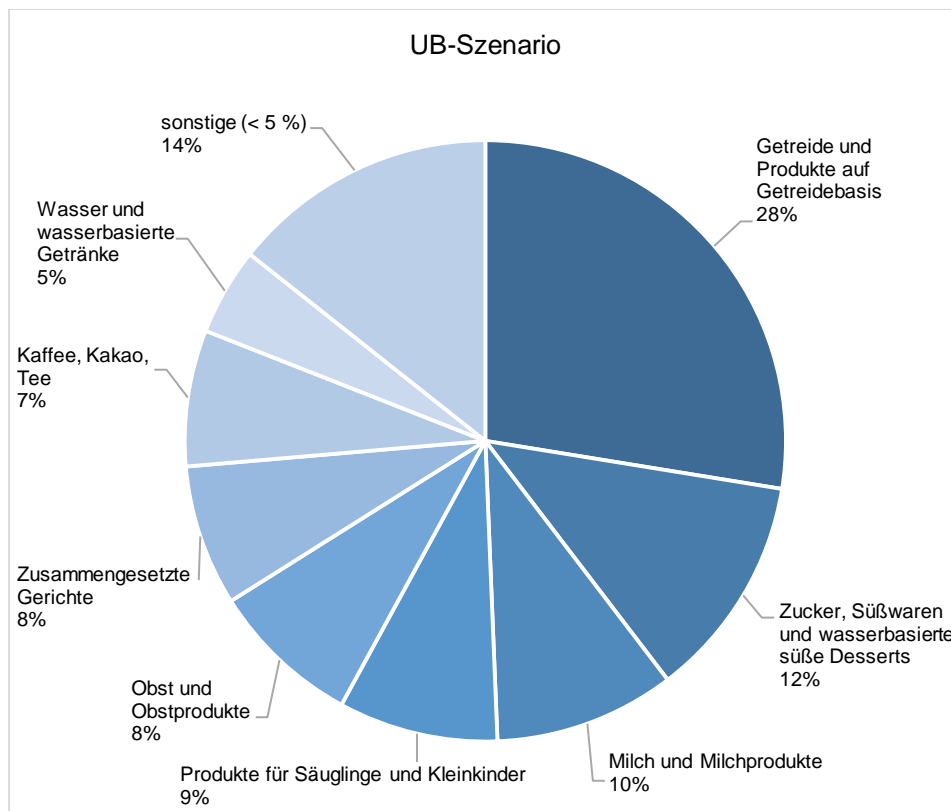
	Anzahl Befragte (N)	Nickelaufnahme (µg/kg KG und Tag)					
		mLB			UB		
		MW	P50	P95	MW	P50	P95
Gesamt	732	5,4	4,8	10,0	6,1	5,5	10,6
Jungen	368	5,5	4,8	10,1	6,2	5,5	10,8
Mädchen	364	5,3	4,8	9,8	6,0	5,5	10,4
0,5–< 1 Jahr	95	4,0	3,4	8,0	4,9	4,4	9,0
1–< 2 Jahre	162	5,5	4,8	10,3	6,3	5,8	11,0
2–< 5 Jahre	475	5,6	5,1	9,9	6,3	5,7	10,5

* verwendet wurden Gehaltsdaten der Pools aus konventioneller sowie unspezifischer Erzeugung

Auch bei Kindern haben im UB-Szenario Lebensmittel der Hauptgruppe „Getreide und Produkte auf Getreidebasis“ den größten Anteil an der Gesamtexposition (28 %) (Abbildung 2). Es folgen die Lebensmittelhauptgruppen „Zucker, Süßwaren und wasserbasierte süße Desserts“ (12 %), „Milch und Milchprodukte“ (10 %) und „Produkte für Säuglinge und Kleinkinder“ (9 %). Die Lebensmittelgruppen „Wasser und wasserbasierte Getränke“, „Obst und Obstprodukte“, „Kaffee, Kakao, Tee“ und „Zusammengesetzte Gerichte“ tragen jeweils zwischen 5 % und 8 % zur Gesamt-Nickelaufnahme bei. Alle weiteren Lebensmittelhauptgruppen folgen mit einem Anteil < 5 % an der Nিকেlexposition.

⁸ Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze für Trinkwasser: LOD=0,3 µg/kg; LOQ=1 µg/kg; für sonstige Lebensmittel dieser Hauptgruppe: LOD=6 µg/kg; LOQ=20 µg/kg.

Abbildung 2: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Nickelaufnahme für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Annahme des Verzehr vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel (Basis: VELS; alle Befragte; durchschnittlicher Verzehr (MW); UB-Szenario).



3.3.2 Exposition der Gruppe der Verzehrerinnen und Verzehrer über Lebensmittelhauptgruppen

Im Folgenden wird die Nickelaufnahme von Jugendlichen und Erwachsenen (Tabelle 5) sowie Kindern (Tabelle 6) nach Lebensmittelhauptgruppen für die jeweiligen Gruppen der Verzehrerinnen und Verzehrer betrachtet. Hier wird nur die Aufnahme über die jeweilige Lebensmittelhauptgruppe berücksichtigt, und es werden nur diejenigen Individuen der Verzehrstudien betrachtet, die mindestens ein Lebensmittel aus dieser Hauptgruppe verzehrt haben.

Erwachsene und Jugendliche

Bei allen Altersgruppen weisen Verzehrende der Lebensmittelhauptgruppe „Getreide und Produkte auf Getreidebasis“ bei mittlerem Verzehr (P50) die höchste Nickelexposition auf, gefolgt von „Kaffee, Kakao, Tee“ und „Vegane/Vegetarische Produkte“. Bei Betrachtung der Vielverzehrenden errechnet sich für die Hauptgruppen „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ und „Vegane/Vegetarische Produkte“ die höchste Nickelaufnahme.

Tabelle 5: Nickelaufnahme über Lebensmittelhauptgruppen in µg pro kg Körpergewicht und Tag für Jugendliche und Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands bei Annahme des Verzehrs vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel (Basis: NVSII; nur Verzehrende).

Lebensmittelhauptgruppe		Anzahl Verzehrende*	Nickelaufnahme (µg/kg KG und Tag)					
			mLB			UB		
			MW	P50	P95	MW	P50	P95
01	Getreide und Produkte auf Getreidebasis	13.865	0,39	0,29	1,06	0,40	0,29	1,07
02	Gemüse und Gemüseprodukte	11.196	0,07	0,04	0,19	0,07	0,05	0,20
03	Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse	7.966	0,05	0,04	0,12	0,05	0,04	0,12
04	Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	5.013	0,24	0,01	1,24	0,24	0,01	1,24
05	Obst und Obstprodukte	11.805	0,11	0,06	0,31	0,12	0,08	0,33
06	Fleisch und Fleischprodukte	12.268	0,03	0,02	0,07	0,03	0,03	0,09
07	Fische und Meeresfrüchte	2.892	0,02	0,02	0,06	0,03	0,02	0,07
08	Milch und Milchprodukte	13.078	0,07	0,01	0,32	0,08	0,03	0,33
09	Eier und Eiprodukte	2.961	<0,005	<0,005	0,01	0,01	0,01	0,02
10	Zucker, Süßwaren und wasserbasierte süße Desserts	8.788	0,22	0,07	0,93	0,23	0,08	0,94
11	Tierische und pflanzliche Fette und Öle	12.281	<0,005	<0,005	0,01	0,02	0,01	0,05
12	Obst- und Gemüsesäfte und -nektare	4.768	0,03	0,02	0,10	0,07	0,05	0,22
13	Wasser und wasserbasierte Getränke	13.385	0,04	0,02	0,12	0,16	0,12	0,42
14	Kaffee, Kakao, Tee	12.630	0,28	0,21	0,76	0,34	0,27	0,85
15	Alkoholische Getränke	6.400	0,03	0,02	0,09	0,09	0,06	0,23
16	Produkte für Säuglinge und Kleinkinder	0	-	-	-	-	-	-
17	Vegane/Vegetarische Produkte	294	0,67	0,25	2,35	0,67	0,25	2,35
18	Zusammengesetzte Gerichte	9.385	0,16	0,10	0,50	0,16	0,10	0,50
19	Soßen und Würzmittel	8.193	0,04	0,02	0,12	0,04	0,02	0,12

* Grundgesamtheit N=13.926

Kinder

Bei Kindern weisen nach „Getreide und Produkte auf Getreidebasis“ Verzehrende der Lebensmittelhauptgruppen „Zucker, Süßwaren und wasserbasierte süße Desserts“ und „Produkte für Säuglinge und Kleinkinder“ die höchsten Nickelaufnahmen (P50, UB) auf. Bei Betrachtung der vielverzehrenden (P95) Kinder ergibt sich darüber hinaus für die Lebensmittelhauptgruppen „Vegane/Vegetarische Produkte“ und „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ sowie „Tee/Kakao/Kaffee“ eine hohe Nickelaufnahme allein aus diesen Lebensmitteln.

Tabelle 6: Nickelaufnahme über Lebensmittelhauptgruppen in µg pro kg Körpergewicht und Tag für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Annahme des Verzehrsvorwiegend konventionell erzeugter Lebensmittel (Basis: VELS; nur Verzehrende)

Lebensmittelhauptgruppe		Anzahl Verzehrende*	Nickelaufnahme (µg/kg KG und Tag)					
			mLB			UB		
			MW	P50	P95	MW	P50	P95
01	Getreide und Produkte auf Getreidebasis	720	1,72	1,31	4,52	1,76	1,34	4,59
02	Gemüse und Gemüseprodukte	610	0,17	0,11	0,48	0,18	0,13	0,52
03	Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse	609	0,13	0,11	0,31	0,13	0,11	0,32
04	Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	152	0,76	0,26	3,12	0,76	0,26	3,12
05	Obst und Obstprodukte	705	0,44	0,35	1,13	0,48	0,40	1,16
06	Fleisch und Fleischprodukte	627	0,07	0,06	0,19	0,08	0,07	0,20
07	Fische und Meeresfrüchte	222	0,06	0,05	0,12	0,06	0,05	0,12
08	Milch und Milchprodukte	688	0,52	0,35	1,48	0,61	0,46	1,57
09	Eier und Eiprodukte	278	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,06
10	Zucker, Süßwaren und wasserbasierte süße Desserts	621	0,83	0,66	2,16	0,86	0,69	2,21
11	Tierische und pflanzliche Fette und Öle	638	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,08
12	Obst- und Gemüsesäfte und -nektare	540	0,12	0,08	0,40	0,25	0,19	0,70
13	Wasser und wasserbasierte Getränke	718	0,11	0,08	0,27	0,26	0,16	0,78
14	Kaffee, Kakao, Tee	494	0,79	0,18	2,59	0,93	0,35	2,86
15	Alkoholische Getränke**	17	0	0	0	0,03	0,03	0,05
16	Produkte für Säuglinge und Kleinkinder	276	0,69	0,39	2,26	1,00	0,65	2,89
17	Vegane/Vegetarische Produkte	48	1,00	0,27	4,45	1,00	0,27	4,45
18	Zusammengesetzte Gerichte	644	0,51	0,35	1,45	0,51	0,35	1,45
19	Soßen und Würzmittel	532	0,11	0,08	0,34	0,11	0,08	0,35

* Grundgesamtheit N=732

** Malzbier

3.3.3 Exposition der hochexponierten Verzehrerinnen und Verzehrer

Erwachsene und Jugendliche

Auf der Ebene der einzelnen MEAL-Lebensmittel wurden diejenigen zehn Lebensmittel identifiziert, die bei den Individuen mit der höchsten Gesamtexposition am höchsten zur Nickelaufnahme beitragen. Unter Annahme eines mittleren Verzehr (P50) sind dies bei Jugendlichen und Erwachsenen „Cashewkerne“ und „Kakaopulver“, gefolgt von „Sojaweiß-Extrudat“ und „Studentenfutter“. Einen ebenfalls hohen Anteil an der Exposition der Hochexponierten hat das Lebensmittel „Sojadrink“, wobei Vielverzehrende dieses Lebensmittels die insgesamt höchste Nickerexposition aufweisen (Tabelle 7). Bei den zehn aufgeführten Le-

www.bfr.bund.de

bensmitteln handelt es sich ausschließlich um selten verzehrte Lebensmittel (Anteil Verzehrer < 10 %), d.h. ein relativ geringer Anteil der Bevölkerung weist eine Gesamtexposition in der angegebenen Höhe auf.

Tabelle 7: Gesamtexposition gegenüber Nickel für die Verzehrenden der zehn Lebensmittel, die bei den 5 % höchstexponierten Jugendlichen und Erwachsenen den höchsten Anteil an der durchschnittlichen Aufnahme (MW) in μg pro kg Körpergewicht und Tag ($\mu\text{g}/\text{kg}$ KG und Tag) in der Bevölkerung Deutschlands haben. Dabei wurde die Annahme des Verzehrs vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel getroffen (Basis: NVS II; nur Verzehrende; UB)

No.	MEAL-Lebensmittel	Anzahl Verzehrende* (%)	Exposition (UB; $\mu\text{g}/\text{kg}$ KG und Tag)		
			MW	P50	P95
1	Cashewkerne	80 (0,6)	4,00	3,52	7,97
2	Kakaopulver	77 (0,6)	3,65	3,10	7,93
3	Sojaweiß-Extrudat	20 (0,1)	3,05	3,08	6,62
4	Studentenfutter	66 (0,5)	3,25	3,06	5,11
5	Sojadrink	103 (0,7)	3,57	3,05	8,46
6	Walnüsse	403 (2,9)	2,98	2,67	5,97
7	Trockenfrüchte	193 (1,4)	2,92	2,61	5,39
8	Linsen	46 (0,3)	2,18	1,97	4,47
9	Haselnussmus	148 (1,1)	1,94	1,84	3,46
n. b.	Haferbrei	19 (0,1)	2,75	2,80	4,39

* Grundgesamtheit N=13.926

n. b.: die Position in der Tabelle ist nicht bestimmbar (N Verzehrende <20)

Kinder

Bei Betrachtung der Einzellebensmittel, die maßgeblich zur Gesamtexposition der hochexponierten Kinder beitragen und eine für die statistische Auswertung ausreichende Anzahl an Verzehrenden aufweisen ($N > 20$), haben bei Kindern Verzehrende (P50, UB) von „Kakaopulver“ die höchste Nickelexposition, gefolgt von Verzehrenden der Lebensmittel „Haferflocken“ und „Walnüsse“ (Tabelle 8). Im mLb-Szenario zählt darüber hinaus das Lebensmittel „Schoko-Müsli“ ($6,18 \mu\text{g}/\text{kg}$ KG und Tag) zu den zehn Lebensmitteln mit dem höchsten Anteil an der Nickelexposition bei den höchstexponierten Kindern. Die höchste Nickelexposition (UB, P95) wurde – wie auch bei den Erwachsenen – für Verzehrende von „Sojadrink“ ermittelt, wobei dieses Lebensmittel bei den Kindern lediglich sieben Verzehrer/-innen aufweist und die Schätzung damit mit Unsicherheiten behaftet ist. Auch bei den weiteren aufgeführten Lebensmitteln, mit Ausnahme von Haferflocken, handelt es sich um selten verzehrte Lebensmittel (Anteil Verzehrende < 10 %).

Tabelle 8: Nickelexposition für die Verzehrenden der zehn Lebensmittel, die bei den 10 % höchstexponierten Kindern den höchsten Anteilen an der durchschnittlichen Aufnahme (MW) in μg pro kg Körpergewicht und Tag ($\mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Tag) in der Bevölkerung Deutschlands haben. Dabei wurde die Annahme des Verzehrs vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel getroffen (Basis: VELS-Studie; nur Verzehrende; UB)

No.	MEAL-Lebensmittel	Anzahl Verzehrende* (%)	Exposition (UB; $\mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Tag)		
			MW	P50	P95
1	Kakaopulver	38 (5,2)	11,20	8,76	19,37
2	Haferflocken	80 (11)	8,67	7,40	15,31
3	Walnüsse	24 (3,3)	7,61	7,14	10,90
n. b.	Sojadrink	7 (1)	13,43	11,95	24,65
n. b.	Haferbrei	18 (2,5)	8,21	9,02	12,09
n. b.	Studentenfutter	4 (0,5)	8,86	8,44	10,66
n. b.	Hirse	14 (1,9)	8,03	7,68	11,97
n. b.	Dinkelbrot	11 (1,5)	7,04	6,93	10,78
n. b.	Sonnenblumenkerne	10 (1,4)	7,72	6,71	13,61
n. b.	Cashewkerne	6 (0,8)	8,03	6,59	13,51

* Grundgesamtheit N=732

n. b.: die Position in der Tabelle ist nicht bestimmbar (N Verzehrende < 20)

3.4 Unsicherheiten

Die Daten der VELS-Studie und der NVS II sind die zum Zeitpunkt der Auswertung⁹ aktuellen, repräsentativen Daten zum Verzehr der Bevölkerung Deutschlands. Aufgrund des Vorliegens von Verzehrangaben zu einzelnen Tagen ist die Methode der *24h Recalls* und der 3-Tage Ernährungsprotokolle sowohl für Expositionsschätzungen bei akuten als auch bei chronischen Risiken geeignet. Die Daten wurden jedoch bereits in den Jahren 2001/2002 (VELS) bzw. 2005/2006 (NVSII) erhoben. Etwaige Veränderungen im Verzehr wurden in der vorliegenden Betrachtung nicht berücksichtigt.

Bei selten verzehrten Lebensmitteln kann der Erhebungszeitraum von zweimal einem Tag des wiederholten *24h Recall* der NVSII und in geringerem Maße auch bei der VELS-Studie die intra-individuelle Variabilität der Lebensmittelzufuhr nur eingeschränkt abbilden. Dadurch

⁹ Mit der KiESEL-Studie liegen nun aktualisierte Verzehrdaten (Erhebungszeitraum von 2014 bis 2017) für 0,5- bis 5-Jährige vor, die zukünftig für die Expositionsschätzung innerhalb dieser Altersgruppe genutzt werden können, zum Zeitpunkt dieser Auswertung aber noch nicht zur Verfügung standen.

kann der Verzehr für Erwachsene sowie in geringem Umfang auch der Verzehr der Kinder unterschätzt werden.

Die *Foodlist* der BfR-MEAL-Studie deckt zwar mehr als 90 %, jedoch weniger als 100 % des Verzehrs ab. Die Folge kann eine entsprechende Unterschätzung der Exposition sein.

Das in der BfR-MEAL-Studie für die Zubereitung der Gerichte und Getränke verwendete Trinkwasser weist einen vergleichsweise hohen Nickelgehalt von 3 µg/kg (MW im UB) auf. Ebenfalls im Rahmen der BfR-MEAL-Studie regional beprobtes Trinkwasser (n=29) hat einen niedrigeren Nickelgehalt von 1 µg/kg (MW im UB). Der höhere Nickel-Gehalt des MEAL-Trinkwassers wirkt sich insbesondere auf trinkwasserbasierte Lebensmittel aus, wie beispielsweise Tee, Kaffee oder Säuglingsmilchnahrung. Die sehr feingliedrig zu betrachtende regional bedingte Variabilität von Trinkwassergehalten kann in einem TDS-Ansatz nur bedingt berücksichtigt werden. In Gebieten mit niedrigeren Trinkwassergehalten ist jedoch von einer niedrigeren Nickelaufnahme über mit Trinkwasser zubereitete Lebensmittel auszugehen.

Von den 356 Lebensmitteln der BfR-MEAL-Studie wurden 105 Lebensmittel nach biologischer und konventioneller Erzeugung stratifiziert. Die berechneten Expositionsszenarien berücksichtigen dabei die Gehaltsdaten der 105 stratifizierten Lebensmittel sowie die nicht nach Herstellung stratifizierten Lebensmittel (N=251). Individuen mit einer ausgeprägt biologisch oder ausgeprägt konventionell orientierten Ernährungsweise können daher ein abweichendes Expositionsmuster aufweisen. Allerdings wird aufgrund der geringen Unterschiede in den Gehalten an Nickel bei biologischer oder konventioneller Erzeugungsart diese Unsicherheit als gering angesehen.

4 Risikocharakterisierung

Erwachsene und Jugendliche

Die durchschnittliche Ausschöpfung des TDI in Höhe von 13 µg/kg KG und Tag (EFSA 2020) durch Erwachsene und Jugendliche liegt bei 11 % (UB, P50). Bei Vielverzehrenden (P95) werden 24 % des TDI über die Exposition gegenüber Nickel ausgeschöpft (UB). Geschlechts- und auch altersspezifische (Daten nicht gezeigt) Unterschiede in der Ausschöpfung des TDI sind sehr gering. Auch die Unterschiede zwischen dem mLb- und dem UB-Szenario sind insgesamt gering (Tabelle 9). Die Auswirkungen der Erzeugungsart auf die Exposition gegenüber Nickel und damit auf die Ausschöpfung des TDI (Daten nicht dargestellt) sind äußerst gering.

Tabelle 9: Prozentuale Ausschöpfung des TDI von 13 µg/kg KG und Tag für Jugendliche und Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands bei Annahme des Verzehrs vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel (Basis: NVSII; alle Befragte)

	N	Ausschöpfung des TDI (%)					
		mLB			UB		
		MW	P50	P95	MW	P50	P95
Gesamt	13.926	10	9	22	12	11	24
Männlich	6.897	10	8	21	12	10	24

	N	Ausschöpfung des TDI (%)					
		mLB			UB		
		MW	P50	P95	MW	P50	P95
Weiblich	7.029	11	9	22	13	11	25

Sowohl im mLB- als auch im UB-Szenario überschreitet die Exposition lediglich bei einer Verzehrerin der Altersgruppe „51–64 Jahre“ den TDI (Daten nicht dargestellt). Davon abgesehen überschreitet die Nickelaufnahme von Jugendlichen und Erwachsenen den gesundheitsbasierten Richtwert für Nickel durch den langfristigen Verzehr von Lebensmitteln in keinem der betrachteten Expositionsszenarien.

Die Betrachtung akuter Risiken ist mit den vorliegenden Daten nicht möglich, da die BfR-MEAL-Studie als TDS methodisch ausschließlich auf die Ermittlung der langfristigen Exposition ausgerichtet ist.

Kinder

Die Exposition bei Kindern führt im Vergleich zu Erwachsenen zu einer deutlich höheren Ausschöpfung des TDI. Bei Jungen und Mädchen ist die Ausschöpfung mit durchschnittlich 42 % bzw. 43 % (UB, P50) annähernd gleich. Für Kinder der jüngsten betrachteten Altersgruppe (0,5–< 1 Jahr) wurde die geringste Exposition und damit Ausschöpfung des TDI ermittelt (34 %, UB, P50). In den weiteren Altersgruppen liegt die Ausschöpfung bei 44 %–45 % (UB, P50). Für Vielverzehrende wurde die höchste Ausschöpfung des TDI für die Altersgruppe 1–< 2 Jahre ermittelt (84 %) (Tabelle 10).

Tabelle 10: Prozentuale Ausschöpfung des TDI von 13 µg/kg KG und Tag für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Annahme des Verzehrs vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel (Basis: VELS; alle Befragte).

	N	Ausschöpfung des TDI (%)					
		mLB			UB		
		MW	P50	P95	MW	P50	P95
Gesamt	732	41	37	77	47	42	82
Jungen	368	42	37	78	47	42	83
Mädchen	364	41	37	75	46	43	80
0,5–< 1 Jahr	95	31	26	61	38	34	69
1–<2 Jahre	162	42	37	80	48	45	84
2–<5 Jahre	475	43	39	76	48	44	80

Sowohl im mLB- als auch im UB-Szenario überschreitet die Exposition bei 2 % der Kinder im Alter von 0,5–5 Jahren (N=15) den TDI (Daten nicht dargestellt). Der Einfluss der Erzeugungsart der verzehrten Lebensmittel ist hierbei marginal. Am häufigsten überschreitet die Exposition bei Kindern der Altersgruppe 1–< 2 Jahre den TDI (3 %). Der niedrigste Anteil an Kindern mit einer Nickelaufnahme oberhalb des TDI wurde für die Altersgruppe 0,5–< 1 Jahr bestimmt (1 %). Auf Grundlage der hier vorgestellten Expositionsschätzung auf Basis der Gehaltsdaten zu Nickel in verzehrfertigen Lebensmitteln der BfR-MEAL-Studie überschreitet

www.bfr.bund.de

somit die Exposition einiger hochexponierter Kinder (0,5–< 5 Jahre) den TDI. Dabei überschreitet auch unter den vielverzehrenden Kindern die Exposition von insgesamt weniger als 5 % der Kinder den gesundheitsbasierten Richtwert. Im Vergleich dazu liegt in der Schätzung der EFSA (2020) die hohe Exposition (P95) der Kleinkinder (1–< 3 Jahre) und anderen Kinder (3–< 10 Jahre) zumeist über dem TDI, in einigen Erhebungen auch die der Säuglinge (< 1 Jahr). Aus Sicht der EFSA können daher für diese jungen Altersgruppen gesundheitliche Bedenken hinsichtlich der Aufnahme von Nickel über Lebensmittel bestehen.

5 Exposition gegenüber Nickel im europäischen Vergleich

Erwachsene

Die auf Basis der MEAL-Gehaltsdaten ermittelte Nickelaufnahme von Erwachsenen in Deutschland liegt in derselben Größenordnung wie Aufnahmewerte, die für vergleichbare Altersgruppen der Bevölkerung von Italien (Cubadda et al., 2020) sowie Spanien (Kanarische Inseln; Gonzales-Weller et al., 2012) und Großbritannien (Rose et al. 2010) auf der Basis von TDS-Daten publiziert sind (Tabelle 11). Dagegen liegen Aufnahmewerte basierend auf TDS-Daten aus Frankreich (Arnich et al., 2012) sowie die von der EFSA ermittelte Nickelaufnahme für die Bevölkerung Deutschlands (EFSA, 2020) höher.

Tabelle 11: Vergleich der Nickerexposition für Erwachsene basierend auf den Daten der BfR-MEAL-Studie mit Expositionsschätzungen aus dem europäischen Raum

Land	Nickelaufnahme (MW) (µg/kg KG und Tag)	Altersgruppe (Jahre)	Referenz
Spanien (Kanaren)*	1,4	18–75	Gonzalez-Weller et al. (2012)**
Italien	1,55 1,47	18–< 65 ≥ 65	Cubadda et al. (2020)**
Frankreich	2,33	18–79	Arnich et al. (2012) **
Großbritannien	1,49 (LB)–1,63 (UB)	16–64	Rose et al. (2010)**
Europa/EFSA***	2,90 (LB)–3,41 (UB) 2,51 (LB)–2,99 (UB)	18–< 65 65–< 75	EFSA (2020)
Deutschland (EFSA)****	3,34 (LB)–3,93 (UB) 3,16 (LB)–3,73 (UB)	18–< 65 65–< 75	EFSA (2020)
Deutschland (MEAL)	1,3 (mLB)–1,6 (UB)	15–80	BfR-MEAL-Studie**

* Annahme des Körpergewichtes für Frauen (60 kg) und Männer (75 kg)

** Expositionsschätzung auf Grundlage von TDS-Gehaltsdaten

*** Nickelaufnahme (MW), Angabe des Median der betrachteten europäischen Länder

**** Gehaltsdaten aus Europa, Verzehrsdaten aus Deutschland

Kinder

Die auf Basis der MEAL-Gehaltsdaten ermittelte durchschnittliche Nickelaufnahme von Kindern liegt im Vergleich mit Daten zur Exposition auf Basis von TDS aus Italien, Frankreich und Großbritannien etwas höher (Tabelle 12). Im Vergleich mit den von der EFSA (2020) errechneten Daten liegen die Werte jedoch niedriger, dies gilt insbesondere für die 1- bis 3-Jährigen sowohl auf europäischer Ebene wie auch bei ausschließlicher Berücksichtigung der Verzehrsdaten aus Deutschland.

Tabelle 12: Vergleich der Nickerexposition für Kinder basierend auf den Daten der BfR-MEAL-Studie mit Expositionsschätzungen aus dem europäischen Raum

Land	Nickelaufnahme (MW) (µg/kg KG und Tag)	Altersgruppe (Jahre)	Referenz
Italien	4,0	< 3	Cubadda et al. (2020)*
Frankreich	0,395–2,68 (LB)	< 3	Sirot et al. (2018)*

	4,39–4,85 (UB)**		
Frankreich	3,83	3–17	Arnich et al. (2012)*
Großbritannien	4,17 (LB)–4,87 (UB)	1,5–4,5	Rose et al. (2010)*
Europa/EFSA***	4,40 (LB)–6,14 (UB)	< 1	EFSA (2020)
	8,53 (LB)–10,1 (UB)	1–< 3	
	7,05 (LB)–8,16 (UB)	3–< 10	
Deutschland (EFSA)****	8,24 (LB)–9,91 (UB)	1–< 3	EFSA (2020)
Deutschland (MEAL)	5,4 (mLB)–6,1 (UB)	0,5–< 5	BfR-MEAL-Studie*

* Expositionsschätzung auf Grundlage von TDS-Gehaltsdaten

** Angabe der Wertebereiche ergibt sich aus der Betrachtung von vier Altersgruppen von 1–4 bis 13–36 Monaten

*** Nickelaufnahme (MW); Angabe des Median der betrachteten europäischen Länder

**** Gehaltsdaten aus Europa, Verzehrdaten aus Deutschland

Sowohl für die Vergleiche der Ergebnisse für Erwachsene (Tabelle 11) als auch für Kinder (Tabelle 12) ist zu berücksichtigen, dass die Berechnung der EFSA für Deutschland auf Grundlage derselben Verzehrdaten vorgenommen wurde wie die vorliegende Expositionsschätzung. Unterschiede zwischen der EFSA-Stellungnahme und der Expositionsschätzung basierend auf den MEAL-Daten können auf folgende Punkte zurückzuführen sein:

- Die Datenbasis bezüglich der Erhebung der Gehaltsdaten der EFSA stammt aus verschiedenen Mitgliedsstaaten und ist nicht notwendigerweise repräsentativ für Deutschland, während eine TDS darauf abzielt, die Lebensmittel entsprechend der Marktrelevanz zu beproben.
- Unterschiede in den Gehaltsdaten einiger Lebensmittel, die in größerem Umfang zur Exposition beitragen (z. B. Kaffee¹⁰, verschiedene Teesorten, Milch, Tees und Heißgetränke für Kleinkinder, Graubrot und Cornflakes).
- Die Lebensmittel werden bei der EFSA überwiegend auf einer höheren Aggregatsebene (*FoodEx*-Level 2) mit den Verzehrdaten kombiniert und damit können Lebensmittel mit hohen Gehalten in höherem Maße zum Mittelwert beitragen als dem Verzehranteil des Lebensmittels an der jeweiligen Gruppe entspricht.
- Bei der BfR-MEAL-Studie gehen 90 % der in Deutschland verzehrten Lebensmittel ein, während die EFSA auf Daten verschiedener europäischer Länder zugreift, was zur Berücksichtigung weiterer selten verzehrter Lebensmittel mit hohen Nickelgehalten führt (z. B. Pinienkerne, Kastanien).

6 Zusammenfassung/Fazit

Auf Grundlage der BfR-MEAL-Studie als erster deutscher TDS wurde die ernährungsbedingte Exposition der Allgemeinbevölkerung in Deutschland gegenüber Nickel ermittelt. Kinder weisen eine deutlich höhere Exposition als Jugendliche und Erwachsene auf. Im Vergleich mit Expositionsschätzungen aus TDS anderer europäischer Länder liegen die vorliegenden Aufnahmewerte in der gleichen Größenordnung. Bei Jugendlichen und Erwachsenen liegt die chronische ernährungsbedingte Exposition deutlich unter dem TDI von 13 µg/kg KG

¹⁰ Der von der EFSA genutzte Nickelgehalt für Kaffee beruht sowohl auf Gehaltsdaten des Trockenprodukts als auch auf Gehaltsdaten des Getränks. Dagegen wird bei einer TDS grundsätzlich das verzehrfertige Produkt beprobt. Durch die Berücksichtigung von Kaffeepulver kommt es bei der EFSA trotz Anwendung von Verdünnungsfaktoren zu deutlich höheren Gehaltsdaten für das fertige Getränk. Dies kann zu einer höheren Expositionsschätzung führen.

und Tag. Demgegenüber überschreitet die Nickelaufnahme bei einigen hochexponierten Kindern (0,5–5 Jahre) den TDI. Auch unter den vielverzehrenden Kindern überschreitet dabei die Exposition von insgesamt weniger als 5 % der Kinder den gesundheitsbasierten Richtwert. Im Vergleich dazu liegt in der Schätzung der EFSA (2020) die hohe Exposition (P95) der Kleinkinder (1–<3 Jahre) und anderen Kinder (3–< 10 Jahre) zumeist über dem TDI, in einigen Erhebungen auch die der Säuglinge (< 1 Jahr). Aus Sicht der EFSA können für die jungen Altersgruppen gesundheitliche Bedenken hinsichtlich der Aufnahme von Nickel über Lebensmittel bestehen. Die Betrachtung akuter Risiken (Auslösung bzw. Verschlimmerung allergischer Hautreaktionen) ist mit den vorliegenden Daten nicht möglich, da die BfR-MEAL-Studie als TDS methodisch ausschließlich auf die Ermittlung der langfristigen Exposition ausgerichtet ist. Weitere mögliche Expositionsquellen wie beispielsweise Tabakrauch oder Staub bzw. Bodenpartikel wurden in der vorliegenden Expositionsschätzung nicht berücksichtigt.

7 Referenzen

- Arnich N, Sirot V, Riviere G, Jean J, Noel L, Guerin T, Leblanc JC (2012). Dietary exposure to trace elements and health risk assessment in the 2nd French Total Diet Study. *Food Chem Toxicol*, 50 (7): 2432-2449. doi: 10.1016/j.fct.2012.04.016.
- Banasiak U, Hesecker H, Sieke C, Sommerfeld C, Vohmann C (2005). Estimation of the dietary intake of pesticide residues based on new consumption data for children. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 48 (1): 84-98. doi: 10.1007/s00103-004-0949-6.
- Cubadda F, Iacoponi F, Ferraris F, D'Amato M, Aureli F, Raggi A, Sette S, Turrini A, Mantovani A (2020). Dietary exposure of the Italian population to nickel: The national Total Diet Study. *Food Chem Toxicol*, 146: 111813. doi: 10.1016/j.fct.2020.111813.
- EFSA (2015). Scientific opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water. *EFSA Journal* 13 (2): 4002.
- EFSA Scientific Committee (2017). Update: use of the benchmark dose approach in risk assessment. *EFSA Journal*, 15 (1): 4658.
- EFSA (2020). Update of the risk assessment of nickel in food and drinking water. *EFSA Journal* 18 (11): 6268.
- Eisenbrand E, Schreier P, Hagen Meyer A (2014). *RÖMPP Lexikon Lebensmittelchemie*, 2. Auflage, Ausgabe 2, Georg Thieme Verlag, S. 1098.
- Gonzalez-Weller D, Gutierrez AJ, Rubio C, Revert C, Hardisson A (2012). A total diet study of nickel intake in a Spanish population (Canary Islands). *Int J Food Sci Nutr*, 63 (8): 902-912. doi: 10.3109/09637486.2012.687363.
- Hesecker H, Oepping A, Vohmann C (2003). Verzehrsstudie zur Ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern für die Abschätzung eines akuten Toxizitätsrisikos durch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (VELS). Forschungsbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Universität Paderborn.

www.bfr.bund.de

Krems C, Richter A, Götz A, Heuer T, Hild A, Kutrovátz Formerly Möseneder J, Brombach C (2006). Methoden der Nationalen Verzehrsstudie II. 44 Ernährungs-Umschau, 53.

MRI, Max Rubner-Institut (2008). Nationale Verzehrsstudie II. Ergebnisbericht Teil 1 und 2. <https://www.mri.bund.de/de/institute/ernaehrungsverhalten/forschungsprojekte/nvsl/>.

Peeters K, Zuliani T, Zigon D, Milacic R, Scancar J (2017). Food Chemistry 230, 327–335.

Rose M, Baxter M, Brereton N, Baskaran C (2010). Dietary exposure to metals and other elements in the 2006 UK Total Diet Study and some trends over the last 30 years. *Food Additives and Contaminants Part a – Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment*, 27 (10): 1380-1404. doi: 10.1080/19440049.2010.496794.

Sarvan I, Buergelt M, Lindtner O, Greiner M (2017). Expositionsschätzung von Stoffen in Lebensmitteln. Bundesgesundheitsblatt 60, 689–696.

Schaumlöffel D (2005). Speciation of nickel. In Cornelis R, Caruso J, Crews H, Heumann K (Eds.): Handbook of elemental speciation II – Species in the environment, food, medicine and occupational health (pp. 422–464). Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Sirot V, Traore T, Guerin T, Noel L, Bachelot M, Cravedi JP, Mazur A, Glorennec P, Vasseur P, Jean J, Carne G, Gorecki S, Riviere G, Hulin M (2018). French infant total diet study: Exposure to selected trace elements and associated health risks. *Food Chem Toxicol*, 120: 625–633. doi: 10.1016/j.fct.2018.07.062.

Wintz M., Fox T., Vulpe C. (2002). Functional genomics and gene regulation in biometal research. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 30: 765–768.

Weitere Informationen auf der BfR-Website zu diesem Thema:

A–Z Index für Nickel: https://www.bfr.bund.de/de/a-z_index/nickel-4867.html



„Stellungnahmen-App“ des BfR

Über das BfR

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ist eine wissenschaftlich unabhängige Einrichtung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Es berät die Bundesregierung und die Bundesländer zu Fragen der Lebensmittel-, Chemikalien- und Produktsicherheit. Das BfR betreibt eigene Forschung zu Themen, die in engem Zusammenhang mit seinen Bewertungsaufgaben stehen.