

Wissenschaftsbericht

doi <https://doi.org/10.17590/20260226-150223-0>

26. Februar 2026

Bericht über die Exposition von Kindern der KiESEL-Studie gegenüber ausgewählten Kontaminanten auf Basis von Gehaltsdaten der BfR- MEAL-Studie

Inhalt

Inhalt	2
Abkürzungsverzeichnis	4
Kernaussagen	5
Zusammenfassung	10
1 Einleitung	11
2 Methoden	12
2.1 Gehaltsdaten der BfR-MEAL-Studie	12
2.2 Verzehrdaten der KiESEL-Studie	13
2.3 Expositionsschätzung	14
2.3.1 Bestimmung der Langzeitexposition von Kontaminanten, Mineralstoffen und Vitaminen	14
2.3.2 Abgleich der Exposition mit gesundheitsbasierten Richtwerten bzw. toxikologischen Referenzwerten	14
2.3.3 Umgang mit Werten unterhalb der Nachweis- und Bestimmungsgrenze	16
2.3.4 Darstellung der Gehaltsdaten	16
3 Ergebnisse	17
3.1 Angabe der Gehaltsdaten ausgewählter Stoffe / Stoffgruppen	17
3.2 Basismodul	17
3.2.1 Arsen & Arsenspeziationen	19
3.2.2 Blei	24
3.2.3 Cadmium	27
3.2.4 Dioxine & dl-PCBs (dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle)	30
3.2.5 Methylquecksilber	36
3.2.6 ndl-PCBs (nicht-dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle)	39
3.2.7 Nickel	42
3.2.8 Nitrat	45
3.2.9 Vanadium	49
3.3 Nährstoffmodul	51
3.3.1 Calcium	54
3.3.2 Chrom	58
3.3.3 Jod	61
3.3.4 Kalium	64
3.3.5 Kupfer	67
3.3.6 Magnesium	71

3.3.7 Mangan	74
3.3.8 Molybdän	77
3.3.9 Phosphor	81
3.3.10 Selen	86
3.3.11 Vitamin A und beta-Carotin	90
3.3.12 Vitamin K1	96
3.3.13 Vitamin K2	99
3.3.14 Zink	101
4 Unsicherheiten	106
5 Fazit	108
6 Literaturverzeichnis	109
7 Tabellenverzeichnis	120
8 Abbildungsverzeichnis	123
9 Anhang	125
A1 Anpassungen der Gehaltsdaten zu Nitrat	125
A2 Gehaltsdatentabellen ausgewählter Stoffe der BfR-MEAL-Studie	126

Abkürzungsverzeichnis

ADI	Acceptable Daily Intake
AI	Adequate Intake
ANS	Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food
BLS	Bundeslebensmittelschlüssel
BMDL	Benchmark Dose Lower Confidence Limit
dl-PCB	Dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle
DRV	Dietary Reference Value
EFSA	European Food Safety Authority
FAF	Panel on Food Additives and Flavourings
HBGV	Health-based guidance value
IoM	Institute of Medicine
LOD	Limit of detection
LOQ	Limit of quantification
mLB	Modified Lower Bound
MOE	Margin of exposure
NDA	Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies
ndl-PCB	Nicht-dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle
NEM	Nahrungsergänzungsmittel
NVS II	Nationale Verzehrsstudie II
P50	50. Perzentil (Median)
P95	95. Perzentil
PCDD	Polychlorierte Dibenzo- <i>p</i> -dioxine
PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane
PRI	Population Reference Intake
RAE	Retinolaktivitätsäquivalent
RE	Retinoläquivalent
SCF	Scientific Committee on Food
SLI	Safe level of intake
TDI	Tolerable Daily Intake
TDS	Total-Diet-Studie
TEF	Toxizitätsäquivalenzfaktor
TWI	Tolerable Weekly Intake
UB	Upper Bound
UL	Tolerable Upper Intake Level
VELS	Verzehrsstudie zur Ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern für die Abschätzung eines akuten Toxizitätsrisikos durch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln

Kernaussagen

Das BfR hat für Kinder zwischen 0,5–5 Jahren aktuelle Aufnahmeschätzungen für verschiedene Stoffe aus Lebensmitteln erstellt. Die Basis hierfür liefern eine Studie zum Vorkommen von Stoffen in Lebensmitteln (BfR-MEAL-Studie) sowie eine Studie zum Verzehr von Lebensmitteln (KiESEL-Studie), die beide durch das BfR durchgeführt wurden.

Wesentliche Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- 1. Die Kombination der umfassenden Gehalts- und Verzehrdaten der BfR-MEAL- und der KiESEL-Studie ermöglicht realitätsnahe Einschätzungen der Exposition gegenüber Nährstoffen und Kontaminanten und bietet eine fundierte Grundlage für gezielte Risikobewertungen und Maßnahmen zum gesundheitlichen Verbraucherschutz. Basierend darauf konnte eine Matrix entwickelt werden, die einen Überblick für die Exposition verschiedener Stoffe für verschiedene Altersgruppen gibt und die perspektivisch für weitere Stoffe erweitert werden kann (Abbildung 1).**
 - Die BfR-MEAL-Studie liefert eine für Risikobewertungen unverzichtbare Erweiterung der bereits in Deutschland aus dem Lebensmittelmonitoring vorliegenden Daten hinsichtlich bislang nicht untersuchter Stoffe (>100 Stoffe, die bislang nicht im Monitoring abgedeckt sind).
 - Auf Basis dieser Ergänzungen können für viele Stoffe erstmalig Gesamtaufnahmen für Kinder aus Lebensmitteln ermittelt werden. Beispiele in diesem Bericht bilden Jod, Molybdän und Vanadium, für die bislang keine bzw. nur vereinzelt Daten aus dem Lebensmittelmonitoring vorlagen.
 - Für andere Stoffe wie Dioxine, dl-PCBs und ndl-PCBs konnten die punktuell bereits bekannten Gehalte aus dem Lebensmittelmonitoring nun auf alle für Kinder relevanten Lebensmittel ausgeweitet werden.
 - Basierend auf der BfR-MEAL-Studie und der KiESEL-Studie konnte somit für viele Stoffe erstmalig eine repräsentative ernährungsbedingte Gesamtaufnahme für Kinder

in Deutschland berechnet und in einer Übersichtsmatrix dargestellt werden

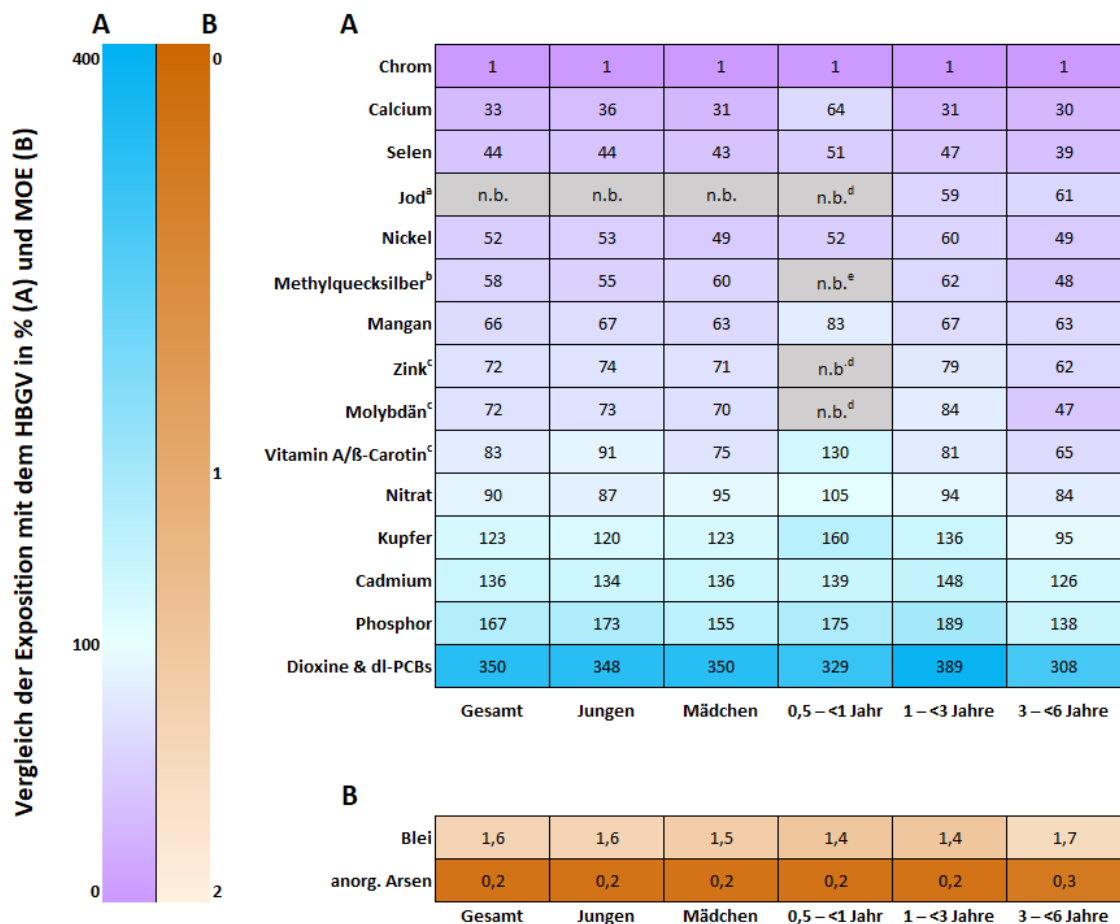


Abbildung 1)

- Mittelfristig sollen weitere Stoffe aus der BfR-MEAL-Studie in die Matrix einfließen, sodass bei kontinuierlicher Pflege und Aktualisierung der Daten eine Übersicht für über 300 Stoffe/Stoffgruppen und verschiedene Bevölkerungsgruppen zur Verfügung gestellt werden kann.
- Damit ergänzen sich die BfR-MEAL-Studie und das Lebensmittelmonitoring in ihren Eigenschaften und führen gemeinsam eingesetzt zu einer relevanten Stärkung der Lebensmittelsicherheit in Deutschland.

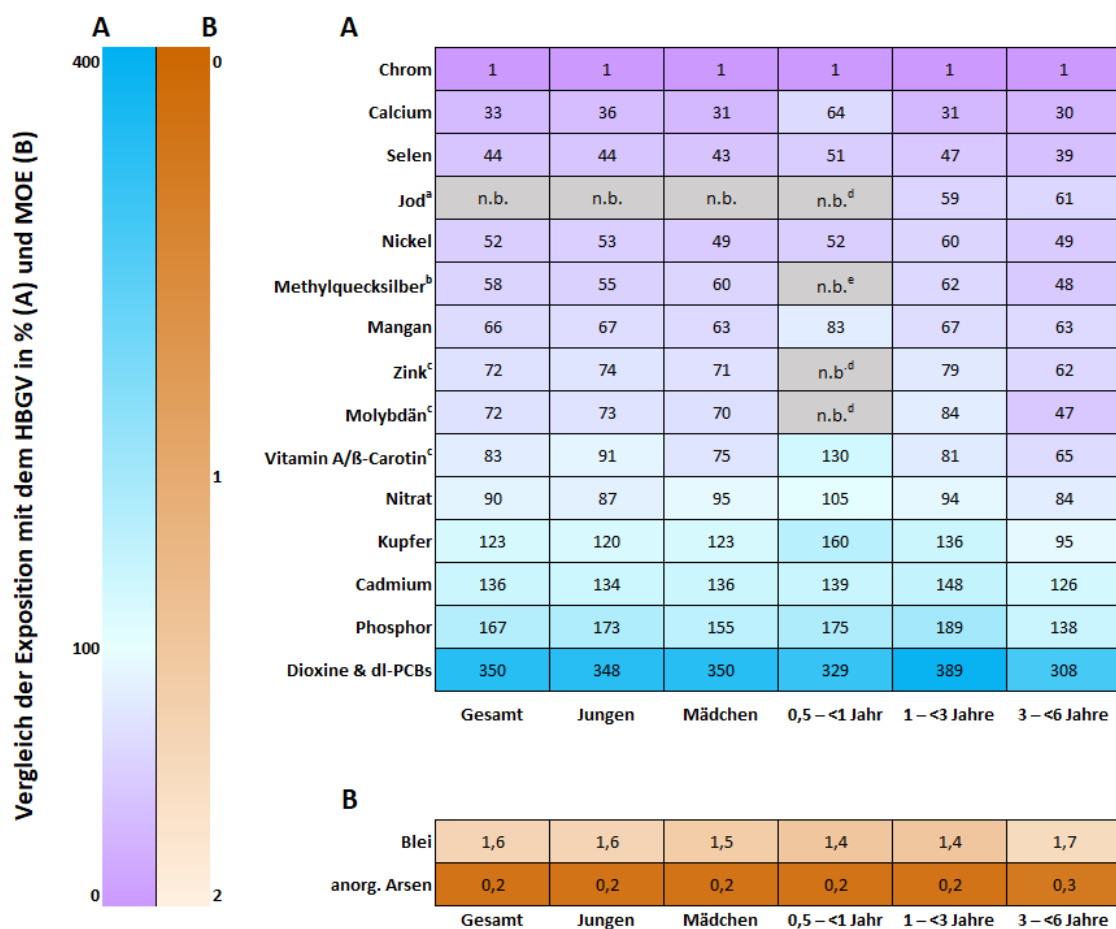


Abbildung 1: (A) Höhe der Exposition im Vergleich zum HBGV ausgewählter Kontaminanten in den jeweiligen Altersgruppen und über beide Geschlechter (Basis: KIESEL; vorwiegend konventionelle Lebensmittelauswahl; hochexponierte Kinder [P95]). (B) Margin of Exposure (MOE) für Arsen und Blei für die jeweiligen Altersgruppen und über beide Geschlechter (Basis: KIESEL; vorwiegend konventionelle Lebensmittelauswahl; hochexponierte Kinder [P95]).

HBGV: Health-based guidance value; MOE: Margin of Exposure; n.b.: nicht bestimmt

^a Ergebnisse beruhen auf der Stellungnahme des BfR über die Jodzufuhr bei Kindern und Jugendlichen (BfR, 2022b)

^b Berücksichtigung von Verzehrenden von Fisch (N=279)

^c Berücksichtigung der Altersgruppen 0–<1 Jahr; 1–<4 Jahre; 4–<6 Jahre

^d kein HBGV verfügbar

^e nicht bestimmt aufgrund zu geringer Anzahl an Verzehrenden (N=2)

2. Für einzelne Stoffe wurde der Bedarf einer weitergehenden Risikocharakterisierung auch durch die Gehaltsdaten der BfR-MEAL Studie bestätigt.

- Die Exposition von Molybdän, Nickel und Phosphor sowie Vitamin A/beta-Carotin, Nitrat und die Gruppe der Dioxine übersteigen im Upper Bound (UB)-Szenario für Kinder mit einer hohen Aufnahme der Stoffe (P95) den jeweiligen gesundheitsbasierten Richtwert (HBGV, Health-Based Guidance Value).

- Phosphor, Dioxine und Kupfer überschreiten diesen auch bereits im Median (P50) und im weniger konservativen modified Lower Bund (mLB)-Szenario.
- Für anorganisches Arsen haben alle Altersgruppen in allen Szenarien einen Margin of Exposure (MOE) unter 1.
- Für Blei liegt der MOE in allen Altersgruppen und allen Szenarien zwischen 1 und 4.
- Das Überschreiten des HBGV erfordert eine tiefergehende Betrachtung in der Risikocharakterisierung und bedeutet nicht unbedingt, dass gesundheitliche Beeinträchtigungen auftreten. Beispielsweise schlussfolgert die EFSA hinsichtlich einer Überschreitung des ADI (Acceptable Daily Intake) für Kupfer durch Kinder, dass es aufgrund des wachstumsbedingten höheren Nährstoffbedarfs bei Kindern extrem unwahrscheinlich ist, dass eine Kupferexposition in Höhe des ADI-Wertes zu schädlichen Wirkungen führt.

3. Nicht nur Lebensmittel mit hohen Gehalten an Kontaminanten, sondern auch viel verzehrte sind expositionsbezogen wichtige Ansatzpunkte für eine Minimierung der Aufnahme unerwünschter Stoffe.

- Gehaltsdaten werden in der Lebensmittelüberwachung vornehmlich punktuell (d. h. in der Regel für regulierte Stoffe und in regulierten Lebensmitteln) erhoben.
- Die Daten der Total-Diet-Study (TDS) komplettieren diese Daten durch die zusätzliche Analyse viel verzehrter, nicht regulierter Lebensmittel (Lebensmittel, für die es keinen gesetzlich festgelegten Höchstgehalt gibt) und damit nahezu der gesamten Ernährung. Erst dadurch lassen sich valide Aussagen über die lebensmittelbedingte Gesamtexposition treffen.
- So zeigen die Ergebnisse der BfR-MEAL-Studie und der KiESEL-Studie, dass die vielverehrten Lebensmittelhauptgruppen Getreide und Getreideprodukte sowie Milch und Milchprodukte vor allem bei den Stoffen mit hohen Expositionen den größten Beitrag leisten.
- Dies unterstreicht die Notwendigkeit der repräsentativen Auswahl von Lebensmitteln basierend auf dem Verzehr und damit die Bedeutung des TDS-Ansatzes für die Risikobewertung.

4. Die wesentlich erweiterte Datengrundlage zur Bewertung von Expositionen zeigt nun auch für bislang seitens Exposition und Toxikologie wenig untersuchte Stoffe, inwieweit von relevanten Expositionen auszugehen ist.

- Für Molybdän und Zink konnte die Exposition für die Gruppe der <1-Jährigen berechnet werden, ein toxikologischer Referenzwert liegt für diese spezifische Altersgruppe allerdings nicht vor.
- Für Vanadium, ndl-PCBs und Vitamin K1 & K2 liegen mit diesem Bericht ebenfalls Daten vor, die zeigen, dass Kinder eine relevante Exposition dieser Stoffe aus der Ernährung haben. Robuste HBGV liegen derzeit nicht vor.

5. Die Unterschiede in der Exposition bestätigen die Notwendigkeit der Betrachtung von Untergruppen in der Bevölkerung (z. B. Veganer, Vegetarier, ethnische Gruppen, nach Sozioökonomischem Status etc.) oder der Vollständigkeit der BfR-MEAL-Foodlist in Bezug auf neuere Verzehrsdaten für Kinder.

- Jungen und Mädchen zeigen zwar keine nennenswerten Unterschiede in der Exposition der untersuchten Stoffe, jedoch ergibt sich ein Bild, in dem Säuglinge

(<1 Jahr) und Kleinkinder (1 bis <3 Jahre) die höchsten Expositionen aufweisen. Das ist zum einen auf den höheren Verzehr bezogen aufs Körpergewicht im Vergleich zu 3- bis <6-Jährigen zurückzuführen; zum anderen vermutlich auf die Einführung der Beikost bei 1- bis <3-Jährigen.

- Diese Erkenntnis betont die Notwendigkeit, auch Untergruppen hinsichtlich ihres Verzehrverhaltens zu differenzieren, da sich daraus spezifische Expositionshöhen und -muster ergeben können. Neben dem Alter ergeben sich offene Fragestellungen zur Exposition von beispielsweise Veganern, Vegetariern, ethnischen Gruppen oder SES-Untergruppen aufgrund eines zu vermutenden abweichenden Verzehrverhaltens.

6. Ausblick:

- Mittelfristig sollen weitere Stoffe aus der BfR-MEAL-Studie in die Übersichtsmatrix einfließen, sodass bei kontinuierlicher Pflege und Aktualisierung der Daten eine Übersicht für über 300 Stoffe/Stoffgruppen und Bevölkerungsgruppen zur Verfügung gestellt werden kann.
- Die aktuellen Daten der BfR-MEAL-Studie können nahezu vollständig den Verzehr der aktuellen Verzehrdaten aus der KiESEL-Studie abdecken. Mit geringem Aufwand können die Daten komplettiert werden.
- Auch veränderter Verzehr kann ressourceneffizient durch die TDS-Methodik abgebildet werden, so können potenzielle Risiken frühzeitig erkannt werden.

Zusammenfassung

Die BfR-MEAL-Studie und die KiESEL-Studie liefern einzigartige, umfassende Daten zur Stoffbelastung und zu Ernährungsgewohnheiten in Deutschland. Diese Studien bieten erstmals umfassende Daten zur gesamten Ernährungssituation in Deutschland, im Gegensatz zu bisherigen punktuellen Analysen. Sie ermöglichen realitätsnahe Einschätzungen der Exposition gegenüber Nährstoffen und potentiell gesundheitsschädlichen Stoffen und bieten eine wertvolle Grundlage für gezielte und faktenbasierte Risikobewertungen, Risikominderungsmaßnahmen und die Stärkung des gesundheitlichen Verbraucherschutzes.

Die Erfassung der Aufnahme unerwünschter Stoffe über Lebensmittel ist ein wesentlicher Aspekt des Gesundheitsschutzes. Insbesondere Kinder sind in diesem Zusammenhang von Bedeutung, da sie aufgrund ihres Entwicklungsstadiums im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht größere Mengen an Nahrungsmitteln und damit auch an enthaltenen Substanzen aufnehmen als Erwachsene. Eine regelmäßige Überwachung ihrer lebensmittelbedingten Exposition ist daher unerlässlich, um gesundheitliche Risiken frühzeitig zu identifizieren und zu minimieren. Im Rahmen dieser Studie wurden Gehaltsdaten aus der ersten deutschen Total-Diet-Studie (BfR-MEAL-Studie) mit Verzehrdaten von Kindern zwischen 6 Monaten und 5 Jahren (KiESEL-Studie) kombiniert, um die langfristige Exposition gegenüber verschiedenen Stoffen zu berechnen. Der Vergleich der Expositionswerte mit international anerkannten gesundheitsbasierten Richtwerten (Health-based guidance values; HBGVs) ermöglicht eine Einordnung des gesundheitlichen Risikos. Es erfolgt jedoch keine gesundheitliche Bewertung im Sinne einer Einordnung der Eintrittswahrscheinlichkeit für gesundheitliche Beeinträchtigungen.

- Die Exposition gegenüber Cadmium, Phosphor, Kupfer und Dioxinen/dl-PCBs überschreitet den HBGV bereits im P50. Die lebensmittelbedingte Exposition gegenüber Molybdän, Nitrat, Nickel sowie Vitamin A/beta-Carotin überschreitet am oberen Ende der Expositionsverteilung (P95) den HBGV.
- Die ermittelten MOE-Werte, also die Quotienten aus den toxikologischen Referenzpunkten und der geschätzten Exposition gegenüber anorg. Arsen bzw. Blei sind gering. Sie liegen für die Exposition gegenüber anorg. Arsen und Blei in allen Szenarien bei unter 1 (anorg. Arsen) bzw. zwischen 1 und 4 (Blei).
- Für Kupfer, Mangan und Zink überschreitet die Exposition einiger Kinder den HBGV, jedoch sind diese gesundheitsbasierten Richtwerte nicht ohne weiteres auf Kinder anwendbar (Kupfer) oder nur ein geringer Anteil der Kinder ($N < 5$) überschreitet den Richtwert (Mangan, Zink).
- Die Exposition gegenüber Methylquecksilber, Calcium, Chrom, Jod und Selen liegt unterhalb des jeweiligen HBGV.
- Zu weiteren sechs Stoffen kann keine Aussage getroffen werden. Zwar können mit diesem Bericht für Vanadium, Kalium, Magnesium, Vitamin K1, Vitamin K2 und ndl-PCBs aussagekräftige Expositionsdaten berichtet werden, es fehlen jedoch robuste gesundheitsbasierte Richtwerte für die Einordnung des Risikos.

1 Einleitung

Kinder sind aufgrund des Verhältnisses von Körpergewicht zu aufgenommener Nahrungsmenge eine besonders vulnerable Gruppe gegenüber der Aufnahme unerwünschter Stoffe über die Ernährung. Mit den Daten der BfR-MEAL-Studie (Mahlzeiten für die Expositionsschätzung und Analytik von Lebensmitteln) und der KiESEL-Studie (Kinder-Ernährungsstudie zur Erfassung des Lebensmittelverzehrs) liegen nun erstmals Total Diet Study (TDS)-basierte Gehaltsdaten zu unerwünschten Stoffen in Lebensmitteln und aktuelle Verzehrsdaten für Kinder im Alter von 0,5 bis <6 Jahren vor.

Die BfR-MEAL-Studie ist die erste TDS für Deutschland. TDS decken mit ihrer Lebensmittelauswahl nahezu die gesamte Ernährung der Zielpopulation ab, messen Stoffgehalte realitätsnah in verzehrfertigen Lebensmitteln und poolen ähnliche Lebensmittel zu einer Sammelprobe, um die durchschnittliche Belastung zu ermitteln. Damit eignen sich diese Daten ideal, um die langfristige Exposition zu berechnen.

Dabei ist das Ziel einer TDS, möglichst die gesamte Lebensmittelpalette, einschließlich des Einflusses durch Zubereitung im Haushalt, abzubilden und die Lebensmittel kosteneffizient auf eine große Anzahl von Stoffen untersuchen zu können.

Die KiESEL-Studie ist eine Querschnittsstudie und ein Modul der „Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland“ (KiGGS-Welle 2), die das Robert Koch-Institut (RKI) durchführte. An der KiESEL-Studie haben mehr als 1000 Familien und Betreuungseinrichtungen der Kinder teilgenommen und für mindestens drei Tage ein prospektives Ernährungsprotokoll geführt. Ziel der Studie war es primär, eine Aufnahmeschätzung von Kontaminanten, Pestiziden, Zusatzstoffen, aber auch erwünschten Stoffen zu ermöglichen. Weiterhin wurden Informationen zu Anreicherungen von Lebensmitteln und zu mikrobiellen Risiken erfasst.

Für diesen Bericht wurden 23 Stoffe bzw. Stoffgruppen einer Expositionsschätzung unterzogen. Ziel des Berichtes ist eine Betrachtung der langfristigen Exposition gegenüber Kontaminanten und Nährstoffen bei Kindern. Dabei erfolgt eine quantitative Einordnung der Stoffe, jedoch keine gesundheitliche Bewertung im Sinne einer Einordnung der Eintrittswahrscheinlichkeit für gesundheitliche Beeinträchtigungen. Der Bericht kann als Grundlage für die Arbeit des Risikomanagements dienen.

2 Methoden

2.1 Gehaltsdaten der BfR-MEAL-Studie

Für die nachfolgenden Auswertungen wurden die Gehaltsdaten der BfR-MEAL-Studie genutzt. Die BfR-MEAL-Studie (Mahlzeiten für die Expositionsschätzung und Analytik von Lebensmitteln) hat repräsentative Gehaltsdaten für die in Deutschland verzehrten Lebensmittel erhoben und stellt Deutschlands erste TDS dar. Für die Erstellung der MEAL-Foodlist wurden repräsentative Verzehrsdaten der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II; N=13.926) für Jugendliche und Erwachsene zwischen 14 und 80 Jahren (Krems et al., 2006), sowie Verzehrsdaten der VELS-Studie (Verzehrsstudie zur Ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern für die Abschätzung eines akuten Toxizitätsrisikos durch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln; N=804) für Kinder zwischen sechs Monaten und vier Jahren (Banasiak et al., 2005; Heseker et al., 2003) berücksichtigt. Zusätzlich wurden selten verzehrte Lebensmittel mit erwartungsgemäß hohen Gehalten an unerwünschten Stoffen in die Foodlist der BfR-MEAL-Studie aufgenommen. Die Lebensmittel¹ der MEAL-Foodlist wurden gemäß der FoodEx-2-Klassifizierung 19 Lebensmittelhauptgruppen zugeordnet. In jeder der 19 Lebensmittelhauptgruppen wurden 90 % der Ernährung in Deutschland für verschiedene Altersgruppen und Geschlechter abgedeckt. Die Lebensmittel wurden deutschlandweit in vier verschiedenen Regionen eingekauft, wobei die Produktauswahl die unterschiedlichen Einkaufsgewohnheiten der Bevölkerung Deutschlands sowie regionale als auch saisonale Besonderheiten berücksichtigt. Die der repräsentativen Zusammenstellung der Proben zugrundeliegenden Informationen wurden 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 und homogenisiert (Sarvan et al., 2017).

Für das Basismodul der BfR-MEAL-Studie umfasst die Foodlist 356 Lebensmittel, welche sich auf 869 Lebensmittelpools² aufteilen. Die Lebensmittel wurden in neun Modulen auf über 300 Substanzen untersucht. Für die vorliegende Auswertung wurden Stoffe bzw. Stoffgruppen des Basismoduls und Nährstoffmoduls ausgewählt, für die zum Zeitpunkt der Analyse bereits plausibilisierte Daten verfügbar waren (Tabelle 1). Die Reihenfolge der bearbeiteten Stoffe wurde dabei in Abstimmung mit Experten der jeweiligen Fachabteilungen des BfR festgelegt.

¹ Als „MEAL-Lebensmittel“ werden Lebensmittel der Foodlist bezeichnet. Diese setzen sich aus unterschiedlichen Lebensmittelpools zusammen, die verschiedene Stratifizierungen (sofern stratifiziert beprobt) repräsentieren. Nachfolgende Erläuterungen zu einzelnen Lebensmitteln mit Bezug zur BfR-MEAL-Studie basieren auf der Beschreibung der „MEAL-Lebensmittel“.

² Ein „Lebensmittelpool“ besteht aus 15 bis 20 Subsamples und repräsentiert eine spezifische Kombination aus Stratifizierungen (sofern stratifiziert beprobt). Subsamples sind einzelne Produkte zu einem Lebensmittel, die sich hinsichtlich Marke, Einkaufsstätte oder Zubereitungsmethode unterscheiden können und somit das Verbraucherverhalten widerspiegeln.

Tabelle 1: Ausgewählte Stoffe der BfR-MEAL-Studie für die Expositionsschätzung an Kindern zwischen 0,5 und fünf Jahren in der Bevölkerung Deutschlands

Basismodul	Arsen & Arsenspeziationen, Blei, Cadmium, Dioxine & dl-PCBs, Methylquecksilber, ndl-PCBs, Nickel, Nitrat, Vanadium
Nährstoffmodul	Calcium, Chrom, Jod, Kalium, Kupfer, Magnesium, Mangan, Molybdän, Phosphor, Selen, Vitamin A/beta-Carotin, Vitamin K1, Vitamin K2, Zink

2.2 Verzehrsdaten der KiESEL-Studie

Die KiESEL-Studie ist eine repräsentative Querschnittsstudie in Deutschland, die vom BfR im Rahmen der KiGGS-Welle 2 durchgeführt wurde. Bei KiESEL wurde der Lebensmittelverzehr von Kindern im Alter von sechs Monaten bis einschließlich fünf Jahren erfasst. Durchgeführt wurde die Studie zwischen 2014 und 2017. Das Ziel der KiESEL-Studie war es, Aufnahmeschätzungen von Kontaminanten, Pestiziden, Zusatzstoffen und Nährstoffen zu ermöglichen sowie die Ernährungssituation der Kinder in Deutschland zu beschreiben.

Zur Datenerhebung gehörten Messungen der Körpergröße und des Gewichts der Kinder sowie ein Fragebogen-gestütztes Interview der Eltern zur allgemeinen Ernährung des Kindes, selten verzehrten Lebensmitteln, der Ernährung im ersten Lebensjahr und der Ernährungssituation in Betreuungseinrichtungen. Anschließend wurde die Ernährung des Kindes prospektiv mittels Wiegeprotokoll für drei aufeinanderfolgende Tage und einem unabhängigen Tag erfasst. Zusätzlich wurde der Verzehr in Betreuungseinrichtungen mithilfe eines vereinfachten Schätzprotokolls dokumentiert. Neben Wiegeprotokollen wurden Fotobücher und Haushaltsgroßen zur Bestimmung der verzehrten Mengen genutzt. Angaben zu eingenommenen Zusatzpräparaten, wie Vitaminen, Mineralstoffen oder Medikamenten, an den zu protokollierenden Tagen wurden ebenfalls erhoben. Weitere Informationen zur KiESEL-Studie können den Publikationen von Nowak et al. (2022) und Golsong et al. (2017) entnommen werden.

Die vorliegende Auswertung bezieht sich auf nicht gestillte Kinder, für die ein Ernährungstagebuch über mindestens drei Tage vorliegt (N=952). Sämtliche Angaben sind gewichtet.

2.3 Expositionsschätzung

2.3.1 Bestimmung der Langzeitexposition von Kontaminanten, Mineralstoffen und Vitaminen

Für die Teilnehmenden der KiESEL-Studie wurde die langfristige Verzehrsmenge bestimmt, indem für jedes Lebensmittel der MEAL-Foodlist der mittlere Verzehr über alle Verzehrstage bestimmt wurde. Zur Expositionsschätzung wurde jedem dieser Verzehrereignisse ein MEAL-Lebensmittel zugeordnet. Diese Zuordnung erlaubt es, für jeden Pool die passenden individuellen Verzehrereignisse zu identifizieren.

Basierend auf dieser Zuordnung wurde für jedes Verzehrereignis die Exposition berechnet, indem die individuelle Verzehrsmenge bezogen auf das Körpergewicht mit dem Gehalt aus jedem Pool aus den MEAL-Ergebnissen multipliziert wurde. Falls in einem Pool mehr als ein analytisches Ergebnis vorlag (z. B. Doppelbestimmung), wurde der Mittelwert aller Ergebnisse ausgewählt. Für Werte unterhalb der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze ($<LOD/LOQ$) wurde jeweils ein modified Lower Bound- (mLB) und Upper Bound (UB)-Szenario berechnet (siehe Kapitel 2.3.3). Die Exposition wird für jedes Individuum im mLB- und UB-Szenario berechnet. Aus der resultierenden Expositionsverteilung wird der Median (P50) sowie das 95. Perzentil (P95) berichtet.

Die Bestimmung der Gesamtexposition erfolgt dabei auf Basis aller Befragten, die an der Ernährungserhebung teilgenommen haben.

Die Expositionsschätzung erfolgt standardmäßig nach den Merkmalen biologische / konventionelle Erzeugung. Auf Verzehrebene wurde nicht zwischen biologischer und konventioneller Erzeugung differenziert, sondern es wird in beiden Expositionsszenarien davon ausgegangen, dass alle Personen entweder ausschließlich biologisch hergestellte oder konventionell hergestellte Produkte verzehrt haben; sofern eine Differenzierung in der Foodlist vorliegt.

Neben der Angabe der Exposition erfolgt die Darstellung der Anteile einzelner Lebensmittelhauptgruppen an der Gesamtexposition. Die Angabe beschränkt sich auf Lebensmittelhauptgruppen deren Anteil an der Gesamtexposition bei mindestens fünf Prozent liegt. Für die Bestimmung der Anteile wurde die individuelle Exposition über die einzelnen MEAL-Lebensmittel auf Hauptgruppenebene aggregiert und anschließend der Anteil an der durchschnittlichen Gesamtexposition aller Teilnehmenden berechnet.

Die Expositionsschätzung wurde mittels der Software R durchgeführt.

2.3.2 Abgleich der Exposition mit gesundheitsbasierten Richtwerten bzw. toxikologischen Referenzwerten

Die ermittelte Gesamtexposition wurde mit den verfügbaren HBGVs der einzelnen Stoffe verglichen. Es erfolgt die Angabe der Ausschöpfung der HBGVs sowie die Angabe der Anzahl der Personen, deren Exposition den HBGV übersteigt. Für Stoffe, für die nach aktuellem Kenntnisstand keine unbedenkliche Aufnahmemenge definiert werden konnte, wurde der MOE berechnet. Eine Übersicht der berücksichtigten HBGVs beziehungsweise toxikologischen Referenzwerte befindet sich in Tabelle 2.

Tabelle 2: Übersicht der berücksichtigten HBGVs/toxikologischen Referenzwerte

Substanz	Altersgruppe	HBGV / toxikol. Referenzwert	Referenz
Arsen & Arsenspeziationen	0,5–<6 Jahre	BMDL ₀₅ =0,06 µg/kg KG und Tag ^a	EFSA-CONTAM (2024)
Blei	0,5–<6 Jahre	BMDL ₀₁ =0,5 µg/kg KG und Tag	EFSA-CONTAM (2010)
Cadmium	0,5–<6 Jahre	TWI=2,5 µg/kg KG und Woche	EFSA-CONTAM (2009)
Calcium	0,5–<1 Jahr 1–<6 Jahre	UL=1.500 mg/Tag UL=2.500 mg/Tag	IoM (2011)
Chrom	0,5–<6 Jahre	TDI=300 µg/kg KG und Tag	EFSA-CONTAM (2014)
Dioxine & dl-PCBs	0,5–<6 Jahre	TWI=2 pg/kg KG und Woche	EFSA-CONTAM (2018)
Jod	0,5–<1 Jahr 1–<4 Jahre 4–<6 Jahre	<i>nicht festgelegt</i> UL=200 µg/Tag UL=250 µg/Tag	SCF (2002/2006)
Kalium	0,5–<6 Jahre	- ^b	EFSA-NDA (2005a)
Kupfer	0,5–<6 Jahre	ADI=0,07 mg/kg KG und Tag	EFSA-SC (2023)
Magnesium	0,5–<4 Jahr 4–<6 Jahre	<i>nicht festgelegt</i> UL=250 mg/Tag ^c	SCF (2001/2006)
Mangan	0,5–<1 Jahr 1–<3 Jahre 3–<6 Jahre	SLI=2 mg/Tag SLI=4 mg/Tag SLI=5 mg/Tag	EFSA-NDA (2023a)
Methylquecksilber	0,5–<6 Jahre	TWI=1,3 µg/kg KG und Woche	EFSA-CONTAM (2012)
Molybdän	0,5–<1 Jahr 1–<4 Jahre 4–<6 Jahre	<i>nicht festgelegt</i> UL=100 µg/Tag UL=200 µg/Tag	EFSA-SCF/NDA (2006)
ndl-PCBs	0,5–<6 Jahre	- ^b	WHO & FAO (2016)
Nickel	0,5–<6 Jahre	TDI=13 µg/kg KG und Tag	EFSA-CONTAM (2020)
Nitrat	0,5–<6 Jahre	ADI=3,7 mg/kg KG und Tag	EFSA-ANS (2017)
Phosphor	0,5–<6 Jahre	ADI=40 mg/kg KG und Tag	EFSA-FAF (2019)
Selen	4–6 Monate 7–11 Monate 1–<4 Jahre 4–<6 Jahre	UL=45 µg/Tag UL=55 µg/Tag UL=70 µg/Tag UL=95 µg/Tag	EFSA-NDA (2023b)
Vanadium	0,5–<6 Jahre	- ^b	EFSA-NDA (2004)
Vitamin A / beta-Carotin	4–6 Monate 7–11 Monate 1–<4 Jahre 4–<6 Jahre	UL=600 µg/Tag ^d UL=600 µg/Tag ^d UL=800 µg/Tag ^d UL=1.100 µg/Tag ^d	EFSA-NDA (2024)
Vitamin K1 / Vitamin K2	0,5–<6 Jahre	- ^b	SCF (2003/2006a)
Zink	0,5–<1 Jahr 1–<4 Jahre 4–<6 Jahre	<i>nicht festgelegt</i> UL=7 mg/kg KG und Tag UL=10 mg/ Tag	EFSA-NDA (2014b); SCF (2003/2006b)

HBGV: Health-based guidance value; BMDL: Benchmark Dose Lower Confidence Limit; TWI: Tolerable Weekly Intake; UL: Tolerable Upper Intake Level; TDI: Tolerable Daily Intake; ADI: Acceptable Daily Intake; SLI: Safe Level of Intake

^a festgelegt für anorganisches Arsen

^b kein HBGV / Referenzwert für die Altersgruppe der KiESEL-Studie verfügbar

^c abgeleitet für zusätzliche Aufnahme über Nahrungsergänzungsmittel oder angereicherte Lebensmittel – es erfolgt kein Abgleich der nahrungsbedingten Exposition mit diesem HBGV

^d abgeleitet für vorgebildetes Vitamin A; bezogen auf Retinoläquivalent

2.3.3 Umgang mit Werten unterhalb der Nachweis- und Bestimmungsgrenze

Die vorliegenden Einzelergebnisse der Lebensmittelpools wurden standardmäßig nach dem modifizierten Lower Bound (mLB)-Ansatz (wenn Ergebnis <LOQ, dann Wert = LOD; wenn Ergebnis <LOD, dann Wert = 0) und dem Upper Bound (UB)-Ansatz (wenn Ergebnis <LOQ, dann Wert = LOQ; wenn Ergebnis <LOD, dann Wert = LOD) berechnet und anschließend auf Poolebene gemittelt.

Ein Pool gilt als <LOD/LOQ, wenn alle Messungen des Pools <LOD/LOQ sind.

2.3.4 Darstellung der Gehaltsdaten

Ausgehend von den Ergebnissen des Vergleichs der Exposition mit entsprechenden HBGVs erfolgt die Darstellung der Gehaltsdaten auf Hauptgruppenebene im Anhang A2.

3 Ergebnisse

3.1 Angabe der Gehaltsdaten ausgewählter Stoffe / Stoffgruppen

Nachfolgend werden die Ergebnisse zur Expositionsschätzung ausgewählter Nährstoffe und Kontaminanten dargestellt. Für Stoffe / Stoffgruppen deren Exposition den HBGV überschreitet bzw. für die MOE-Werte gleich oder kleiner eins bestimmt wurden erfolgt die Angabe der Gehaltsdaten auf Lebensmittelhauptgruppenebene im Anhang A2. Dies betrifft die Stoffe / Stoffgruppen Arsen, Cadmium, Dioxine & dl-PCBs, Kupfer, Mangan, Molybdän, Nickel, Nitrat, Phosphor, Vitamin A/beta-Carotin und Zink.

3.2 Basismodul

Im Basismodul der BfR-MEAL-Studie wurden Elemente und Umweltkontaminanten beprobt. Es wurden alle 356 Lebensmittel der Foodlist auf den Gehalt ausgewählter Elemente untersucht. Dabei wurden unterschiedliche Saisons, Regionen und Erzeugungsarten in separaten Lebensmittelpools berücksichtigt. Demnach ergibt sich aus den 356 Lebensmitteln der Foodlist eine Gesamtprobenzahl von 869 für die Elementanalytik. Abweichungen von diesem Design sind im Folgenden dargestellt: Für Nitrat ergibt sich eine Gesamtprobenzahl von 868, da das Lebensmittel „Gemüsechips“ aus der Lebensmittelhauptgruppe „Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze“ nicht auf Nitrat untersucht wurde. Gesamtarsen wurde entsprechend der dargestellten Probenstruktur für Elemente untersucht. Der Gehalt an anorganischem Arsen wurde in Reis, Reisprodukten, marinen Lebensmitteln und Pilzen/Pilzgerichten bestimmt. Zusätzlich wurden 19 weitere Poolproben, bei denen höhere Gehalte an Gesamtarsen nachgewiesen wurden, auf anorganisches Arsen untersucht. Die Bestimmung des Gehalts an Methylquecksilber erfolgte in aquatischen Lebensmitteln sowie in Pilzen und Pilzgerichten. Mit Ausnahme von Kürbisgewächsen und mit Fetten zubereiteten pflanzlichen Lebensmitteln wurden fettarme und pflanzliche Lebensmittel von der Untersuchung auf Dioxine und PCBs ausgeschlossen. Folglich wurden für alle Lebensmittelhauptgruppen mit Ausnahme von „Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare“ sowie „Wasser und wasserbasierte Getränke“ Daten zu Dioxinen und PCBs erhoben (Tabelle 3).

Tabelle 3: Probenstruktur des Basismoduls der BfR-MEAL-Studie (Anzahl an Lebensmitteln; Anzahl an Poolproben in Klammern) (modifiziert nach Ptok et al. (2023))

Nr.	Lebensmittelhauptgruppe	Elemente ^a	Nitrat	anorganisches Arsen	Methylquecksilber	Dioxine und PCBs
01	Getreide und Getreideprodukte	40 (97)	40 (97)	6 (8)	-	38 (94)
02	Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	34 (152)	33 (151)	5 (9)	3 (6)	18 (58)
03	Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	8 (26)	8 (26)	-	-	7 (15)
04	Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	20 (24)	20 (24)	-	-	20 (24)
05	Obst und Obstprodukte	22 (64)	22 (64)	-	-	8 (10)
06	Fleisch und Fleischprodukte	35 (101)	35 (101)	1 (2)	-	35 (101)
07	Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30 (39)	30 (39)	30 (39)	30 (39)	30 (39)
08	Milch und Milchprodukte	23 (37)	23 (37)	-	-	23 (37)
09	Eier und Eierprodukte	2 (10)	2 (10)	-	-	2 (10)
10	Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	15 (18)	15 (18)	-	-	10 (12)
11	Tierische und pflanzliche Fette und Öle	8 (13)	8 (13)	-	-	8 (13)
12	Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	10 (12)	10 (12)	-	-	-
13	Wasser und Getränke auf Wasserbasis	6 (41)	6 (41)	-	-	-
14	Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	9 (12)	9 (12)	-	-	7 (9)
15	Alkoholische Getränke	8 (11)	8 (11)	-	-	8 (11)
16	Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	11 (15)	11 (15)	3 (3)	-	11 (15)
17	Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	7 (8)	7 (8)	1 (1)	-	7 (8)
18	Speisen und Gerichte	52 (170)	52 (170)	9 (11)	1 (4)	52 (170)
19	Würzmittel und Soßen	16 (19)	16 (19)	-	-	16 (19)
	SUMME	356 (869)	355 (868)	55 (73)	34 (49)	300 (645)

^a unter „Elemente“ werden die Stoffe Arsen, Blei, Cadmium, Nickel und Vanadium verstanden

3.2.1 Arsen & Arsenspeziationen

Arsen ist ein Halbmetall, das ubiquitär in der Erdkruste vorkommt und durch natürliche und anthropogene Prozesse über die Umwelt in die Nahrungskette gelangt (JECFA, 2011). Abhängig von der Art der jeweiligen chemischen Verbindung (z.B. anorganisches oder organisches Arsen, Oxidationsstufen) ist die Toxizität unterschiedlich zu bewerten (BfR, 2014). In diesem Abschnitt wird sowohl auf Gesamtarsen als auch spezifisch auf anorganisches Arsen eingegangen. Informationen zu weiteren in der BfR-MEAL-Studie untersuchten Arsen-Spezies sind in den Publikationen von Hackethal et al. (2021; 2023) veröffentlicht. Die Gehalte an Gesamtarsen können im [Public Use File](#) der BfR-MEAL-Studie eingesehen werden.

3.2.1.1 Identifikation des toxikologischen Referenzwertes für Arsen

Für anorganisches Arsen als genotoxisches Kanzerogen kann keine tolerierbare Aufnahmemenge abgeleitet werden. Dementsprechend wurde der MOE-Ansatz angewendet, wobei der BMDL₀₅ (Benchmark Dose Lower Confidence Limit) von 0,06 µg/kg KG und Tag (EFSA-CONTAM, 2024) als toxikologischer Referenzwert mit der hier ermittelten Aufnahmemenge verglichen wurde.

3.2.1.2 Arsengehalte nach Lebensmittelgruppen der BfR-MEAL-Studie

Die Gehalte für Gesamtarsen sind in Tabelle A-1 bis Tabelle A-3 des Anhangs A2 aufgeführt. Die mit Abstand höchsten Gehalte zeigt die Lebensmittelgruppe „Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus“ mit Gehalten zwischen 10 und 6.150 µg/kg. Weitere hohe Gehalte treten bei einzelnen Lebensmitteln aus anderen Hauptgruppen auf: Die nächsthöchsten Gehalte finden sich bei Algen und Sushi. Es folgen Reis und Reiswaffeln sowie Kakaopulver und Varianten von Getreidebrei (Gehalte bezogen auf das Pulver und nicht den verzehrfertigen Brei).

In vielen Lebensmittelhauptgruppen gibt es einen hohen Anteil an Werten unterhalb des LOQ. Beispielsweise in der Gruppe „Tierische und pflanzliche Fette und Öle“ liegt kein Wert oberhalb des LOQ. In anderen Lebensmittelhauptgruppen, insbesondere „Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus“ oder „Speisen und Gerichte“, ist der Anteil an detektierten Werten durchaus höher, z. B. 100 % in der erstgenannten und 89 % in der letztgenannten. In der Gruppe „Wasser und Getränke auf Wasserbasis“ liegen sämtliche Werte unterhalb des LOQ. Große Unterschiede zwischen biologischer und konventioneller Erzeugungsweise zeigen die Gehalte nicht.

Für anorganisches Arsen sowie weitere Arsenspezies wurde eine ausführliche Beschreibung der Gehaltsdaten in Hackethal et al. (2021) publiziert. Dort wurden in Fischen und Meeresfrüchten vergleichsweise geringe Anteile an anorganischem Arsen im Vergleich zu organischem Arsen und viele Werte unterhalb des LOD gefunden, wobei der höchste Gehalt an anorganischem Arsen für Dorschleber (0,4 mg/kg) gefolgt von eingelegtem bzw. geräuchertem Hering (je 0,1 mg/kg) gemessen wurde. Auch wenn die Gesamtarsengehalte in Reis- und Reisprodukten niedriger waren als in Fisch, so liegen für anorganisches Arsen mehr quantifizierbare Werte vor und die Gehalte befanden sich in ähnlicher Größenordnung. Die höchsten Gehalte an Gesamtarsen weisen hier Sushi (0,33 mg/kg) gefolgt von Reiswaffeln (0,13 mg/kg) und reisbasierten Cerealien bzw. Reisflocken für Kinder auf (jeweils 0,12 mg/kg).

3.2.1.3 Arsenexposition über Lebensmittel für Kinder

Die Exposition gegenüber Gesamtarsen ist in Tabelle 4 aufgeführt. Da es nur geringe Unterschiede zwischen vornehmlich biologischer und vornehmlich konventioneller Lebensmittelauswahl gibt, ist ausschließlich letztere aufgeführt. Nur in der Altersgruppe der 0,5–<1-Jährigen lag die Exposition bei vornehmlich konventioneller Lebensmittelauswahl etwa 20 % oberhalb der bei vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl. Dies ist sehr wahrscheinlich auf die Zusammensetzung der Pools von „ready to eat mixed meal for children“ zurückzuführen, wo der konventionelle Pool mehr Teilproben mit Fisch enthält als der biologische. Die mediane Exposition (P50) im UB liegt etwa 40 % oberhalb der des mLB. Im 95. Perzentil sind die Unterschiede geringer, vermutlich weil erneut Fisch dort die Gesamtarsenexposition dominiert.

Über alle Altersgruppen hinweg liegt die mediane Exposition bei 0,20 µg/kg KG und Tag im mLB und bei 0,24 µg/kg KG und Tag im UB. Im 95. Perzentil sind es 2,4 µg/kg KG und Tag unabhängig von der Wahl des Umgangs mit Werten <LOD/LOQ. Die höchste Exposition im Median zeigen Kinder unter einem Jahr mit 0,44 µg/kg KG und Tag. Im P95 sind es jedoch die 1–<3-jährigen Kinder mit 2,9 µg/kg KG und Tag. Dies liegt wahrscheinlich an dem geringen Fischverzehr von Kindern unter einem Jahr. Im 95. Perzentil zeigen Mädchen eine deutlich höhere Exposition als Jungen (2,6 µg/kg KG und Tag vs. 2,0 µg/kg KG und Tag).

Tabelle 4: Gesamtarsenexposition in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in µg/kg KG und Tag			
		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	0,204	2,352	0,285	2,425
Jungen	481	0,190	1,967	0,275	2,032
Mädchen	471	0,207	2,570	0,296	2,610
0,5–<1 Jahr	57	0,316	0,682	0,438	0,748
1–<3 Jahre	308	0,273	2,747	0,365	2,913
3–<6 Jahre	588	0,169	2,170	0,236	2,235

N: Anzahl Kinder; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

Tabelle 5 zeigt die Exposition gegenüber anorganischem Arsen. Bei den Proben, bei denen der Gehalt von anorganischem Arsen nicht separat bestimmt wurde, musste mit einer Annahme gearbeitet werden. Es wurde angenommen, dass der Gehalt an anorganischem Arsen 50 % des Gesamtarsengehalts entspricht. Im Vergleich mit Hackethal et al. (2023) ist dies die am wenigsten konservative Annahme, dort wurden orientierend an Empfehlungen der European Food Safety Authority (EFSA) zudem Szenarien mit 70 bzw. 100 % berechnet. Erneut sind – mit Ausnahme der Kinder unter einem Jahr – die Unterschiede zwischen

vornehmlich biologischer und vornehmlich konventioneller Lebensmittelauswahl gering. Im Folgenden werden deswegen nur die Werte basierend auf vornehmlich konventioneller Lebensmittelauswahl dargestellt.

Im Vergleich zur Gesamtarsenexposition ist die Exposition gegenüber anorganischem Arsen geringer. Im P50 und UB liegt die Exposition über alle Altersgruppen hinweg bei 0,16 µg/kg KG und Tag und im 95. Perzentil bei 0,30 µg/kg KG und Tag. Im Gegensatz zu Gesamtarsen gibt es keine großen Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen. Da Fische und Meeresfrüchte bei anorganischem Arsen eine deutlich geringere Rolle spielen, sind hier Kinder im Alter unter einem Jahr sowohl im Median als auch im 95. Perzentil am höchsten exponiert. Die Werte liegen bei 0,21 µg/kg KG und Tag (P50) und 0,37 µg/kg KG und Tag (P95). Die Werte im mLb sind etwa 80 % bzw. 40 % geringer als im UB (P50 bzw. P95).

Tabelle 5: Aufnahme von anorganischem Arsen in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel (Basis: KIESEL; nicht gestillte Kinder). In Proben ohne separate Messung des Anteiles anorganischen Arsens wurde angenommen, dass 50 % des Gesamtarsens aus anorganischem Arsen bestehen.

	N	Exposition in µg/kg KG und Tag			
		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	0,086	0,225	0,157	0,301
Jungen	481	0,089	0,225	0,158	0,299
Mädchen	471	0,082	0,216	0,156	0,310
0,5–<1 Jahr	57	0,121	0,288	0,214	0,367
1–<3 Jahre	308	0,104	0,253	0,183	0,339
3–<6 Jahre	588	0,076	0,157	0,145	0,240

N: Anzahl Kinder; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

Die Anteile der verschiedenen Lebensmittelhauptgruppen an der Aufnahme von Gesamtarsen bzw. anorganischem Arsen sind in

Abbildung 2 und Abbildung 3 aufgeführt. In beiden Varianten tragen „Getreide und Getreideprodukte“ und „Wasser und Getränke auf Wasserbasis“ stark zur Exposition bei. Es folgen „Speisen und Gerichte“, „Milch und Milchprodukte“, „Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder“ sowie „Obst und Obstprodukte“.

Bei Gesamtarsen hat die Gruppe „Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus“ eine herausragende Bedeutung. Ihr Anteil an der Gesamtexposition liegt mit etwa 23 % bereits am höchsten. Betrachtet man stattdessen nur Kinder, welche Lebensmittel dieser Hauptgruppe verzehren, steigt der Anteil auf über 80 %.

Dementsprechend sind es bei Gesamtarsen auch verschiedene Fische, wie z.B. „Kabeljau“, „Plattfische“ oder „Heringsfilet in Soße“, die für ihre Verzehrenden den höchsten Anteil an

der Exposition gegenüber Gesamtarsen zeigen. Berücksichtigt man stattdessen alle betrachteten Kinder, sind es vor allem Lebensmittel mit hohem Verzehr, die den größten Beitrag zur Exposition liefern. Beispiele hierfür sind Trink- und Mineralwasser, „Weißbrote“ oder „Kuhmilch“.

Bei anorganischem Arsen verlieren Fische und Meeresfrüchte ihre herausragende Stellung. Berücksichtigt man alle betrachteten Kinder, sind es die gleichen Lebensmittel wie bei Gesamtarsen, die den höchsten Beitrag zur Exposition leisten. Unter Berücksichtigung nur von Verzehrenden sind vor allem Gerichte auf Reisbasis wie „Reisgericht gemischt“ oder „Reisgerichte mit Gemüse“ in den vorderen Positionen. Mit „roher (marinierter) Hering“ und „Garnele (Shrimps)“ sind ebenfalls Vertreter aus der Gruppe „Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus“ vorhanden, allerdings mit deutlich geringeren Expositionen als bei Gesamtarsen. Ebenfalls unter den zehn wichtigsten Lebensmitteln vorhanden sind Produkte für Säuglinge und Kleinkinder, allerdings mutmaßlich aufgrund eines Anteils Reis in den entsprechenden Pools.

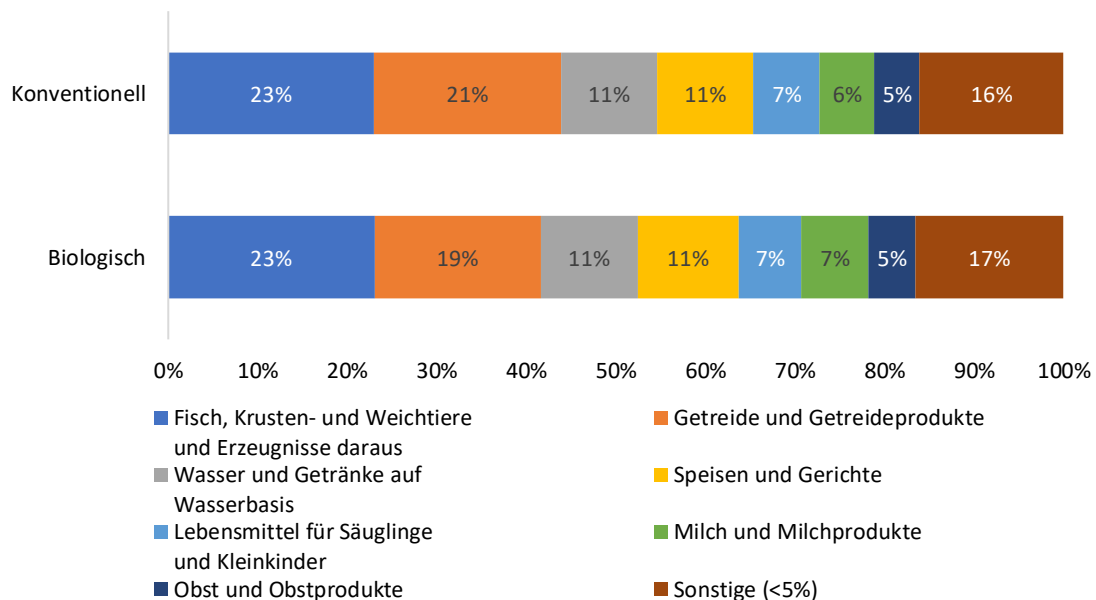


Abbildung 2: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Gesamtarsenexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

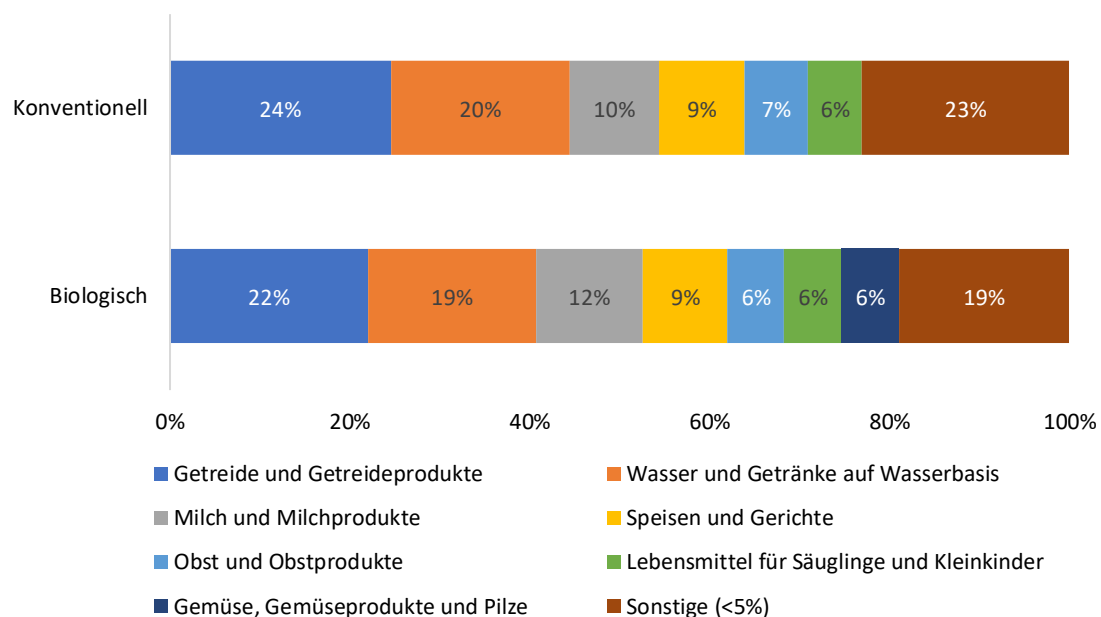


Abbildung 3: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Exposition gegenüber anorganischem Arsen für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.2.1.4 Vergleich der Exposition mit dem toxikologischen Referenzwert für anorganisches Arsen

Tabelle 6 zeigt die berechneten MOEs in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht. Im UB liegt die Exposition gegenüber anorganischem Arsen nahezu aller Kinder bei ≤ 1 , nur bei zwei Kindern im Alter zwischen drei und unter sechs Jahren liegt sie unterhalb des toxikologischen Referenzwertes. Im mLB weisen etwa 75 % der Kinder einen MOE unterhalb von eins auf. Es ist darauf hinzuweisen, dass auch wenn die berechnete Exposition gegenüber anorganischem Arsen unterhalb des toxikologischen Referenzwertes liegt und sich somit MOE-Werte von über eins ergeben, dies aus toxikologischer Sicht nicht unbedenklich ist.

Tabelle 6: Margin of Exposure für anorganisches Arsen (basieren auf dem BMDL₀₅ von 0,06 µg/kg KG und Tag und der ermittelten Exposition) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel sowie Anzahl (N) und Anteil (%) von Kindern für die ein MOE ≤ 1 berechnet wurde (Basis: KIESEL; nicht gestillte Kinder). In Proben ohne separate Messung des Anteiles anorganischen Arsens wurde angenommen, dass 50 % des Gesamtarsens aus anorganischem Arsen besteht.

	N	Margin of Exposure				Margin of Exposure ≤ 1 ^a			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95	Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)
Gesamt	952	0,70	0,27	0,38	0,20	713	75	950	100
Jungen	481	0,68	0,27	0,38	0,20	372	77	479	100
Mädchen	471	0,73	0,28	0,38	0,19	341	72	471	100
0,5–<1 Jahr	57	0,50	0,21	0,28	0,16	49	86	57	100
1–<3 Jahre	308	0,58	0,24	0,33	0,18	260	84	308	100
3–<6 Jahre	588	0,79	0,38	0,41	0,25	404	69	586	100

N: Anzahl Kinder; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

^a MOE-Werte > 1 können aus toxikologischer Sicht ebenfalls nicht als unbedenklich angesehen werden

Es muss beachtet werden, dass der Gehalt an anorganischem Arsen nur für eine begrenzte Anzahl an Lebensmitteln ermittelt wurde, die bekanntermaßen hohe Gehalte an anorganischem Arsen aufweisen. Für alle anderen Lebensmittel wurden Umrechnungsfaktoren angewandt, um den Gehalt an anorganischem Arsen aus dem Gesamtarsengehalt zu bestimmen. Die Umrechnungsfaktoren, die 50 % des Gesamtarsengehalts als anorganisches Arsen ansetzen, stellen ein optimistisches Szenario dar.

3.2.2 Blei

Blei ist ein ubiquitär vorkommendes Metall, das natürlicherweise, aber auch zum großen Teil durch anthropogene Aktivitäten freigesetzt wird und so in die Umwelt und anschließend in die Nahrungskette gelangt. Die Exposition der Allgemeinbevölkerung gegenüber Blei erfolgt über Lebensmittel und Wasser, daneben auch über die Luft und insbesondere bei Kindern auch über Hausstaub und Boden (EFSA-CONTAM, 2010). Staub im Außenbereich kann eine weitere wichtige Quelle darstellen. Darüber hinaus ist Blei Bestandteil von Tabak und Tabakrauch. In diesem Abschnitt wird jedoch ausschließlich auf die externe Bleiexposition aufgrund des Vorkommens von Blei in Lebensmitteln eingegangen.

3.2.2.1 Identifikation des toxikologischen Referenzwertes für Blei

Da in epidemiologischen Studien keine Blutbleikonzentration erkennbar ist, bei der keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind, ist die Ableitung eines HBGVs für Blei nicht möglich. Insofern wurden MOE-Werte auf der Grundlage des toxikologischen

Referenzpunktes für Kinder (BMDL₀₁ 0,5 µg/kg KG und Tag) und den hier ermittelten Aufnahmemengen berechnet (EFSA-CONTAM, 2010).

3.2.2.2 Bleigehalte nach Lebensmittelgruppen der BfR-MEAL-Studie

Die Gehalte von Blei sind tabellarisch im Anhang A2 dargestellt (Tabelle A-4 bis Tabelle A-6). Spezifische Details zur Datenerhebung sowie Darstellung und Diskussion der Gehalte von Blei wurden in Fechner et al. (2022) veröffentlicht. Die höchsten Gehalte wurden in Weichtieren und Kakaopulver gefunden. Zwischen den Regionen und Saisons zeigten sich nur geringe Unterschiede. Die Gehalte sind des Weiteren im [Public Use File](#) veröffentlicht.

3.2.2.3 Bleiexposition über Lebensmittel für Kinder

Tabelle 7 stellt die Bleiexposition in Abhängigkeit von vornehmlich konventioneller bzw. biologischer Lebensmittelauswahl dar. Die Exposition im UB-Ansatz ist – abhängig von Altersgruppen und Perzentil – zwischen 13 % und 60 % höher als die unter Verwendung des mLb-Ansatzes. Da er das konservativere Szenario darstellt, beziehen sich die folgenden Ausführungen nur auf die Ergebnisse unter Verwendung des UB-Ansatzes. Die Zahlen unter Verwendung des mLb-Ansatzes sind in den Tabellen zusätzlich aufgeführt.

Im Median weisen Kinder im Alter von 0,5–<1 Jahr die höchste Exposition mit 0,27 (vornehmlich konventionelle Lebensmittelauswahl) bzw. 0,29 (vornehmlich biologische Lebensmittelauswahl) µg/kg KG und Tag auf. Im Falle des 95. Perzentils sind es stattdessen Kinder im Alter von 1–<3 Jahren, welche die höchste Exposition von 0,37 µg/kg KG und Tag aufweisen. Die Exposition, die auf Gehaltsdaten von vornehmlich biologisch erzeugten Lebensmitteln basiert, ist etwas höher als die Exposition, die auf Gehaltsdaten von vornehmlich konventionell erzeugten Lebensmitteln basiert. Über alle Altersgruppen von KIESEL betrachtet, liegt der Median der berechneten Exposition bei ca. 0,20 µg/kg KG und Tag.

Tabelle 7: Bleiexposition in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KIESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in µg/kg KG und Tag							
		Konventionell				Biologisch			
		mLb		UB		mLb		UB	
		P50	P95	P50	P95	P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	0,144	0,258	0,194	0,314	0,154	0,288	0,198	0,332
Jungen	481	0,148	0,256	0,196	0,303	0,152	0,279	0,201	0,317
Mädchen	471	0,144	0,272	0,190	0,327	0,156	0,296	0,194	0,343
0,5–<1 Jahr	57	0,223	0,308	0,271	0,353	0,257	0,353	0,293	0,374
1–<3 Jahre	308	0,162	0,285	0,216	0,365	0,175	0,316	0,223	0,371
3–<6 Jahre	588	0,132	0,234	0,174	0,288	0,141	0,236	0,182	0,293

N: Anzahl Kinder; mLb: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

Eine prozentuale Darstellung der Beiträge der verschiedenen Lebensmittelhauptgruppen zur Gesamtexposition ist in Abbildung 4 zu finden. „Wasser und Getränke auf Wasserbasis“ sowie „Getreide und Getreideprodukte“ leisten mit etwa 18 bis 19 % den höchsten Beitrag zur durchschnittlichen Bleiexposition. Darunter sind es vor allem Weizenprodukte, wie „Weißbrote/Brötchen“, „Vollkorn- und Graubrote“ und Trink- bzw. Mineralwasser. Aber auch Kuhmilch, Butter, Äpfel, Bananen und Gurken sind unter den zehn Lebensmitteln mit dem höchsten Beitrag zur Bleiexposition. Die Hauptgruppe „Speisen und Gerichte“ hat mit etwa 11 % ebenfalls einen hohen Anteil an der durchschnittlichen Exposition.

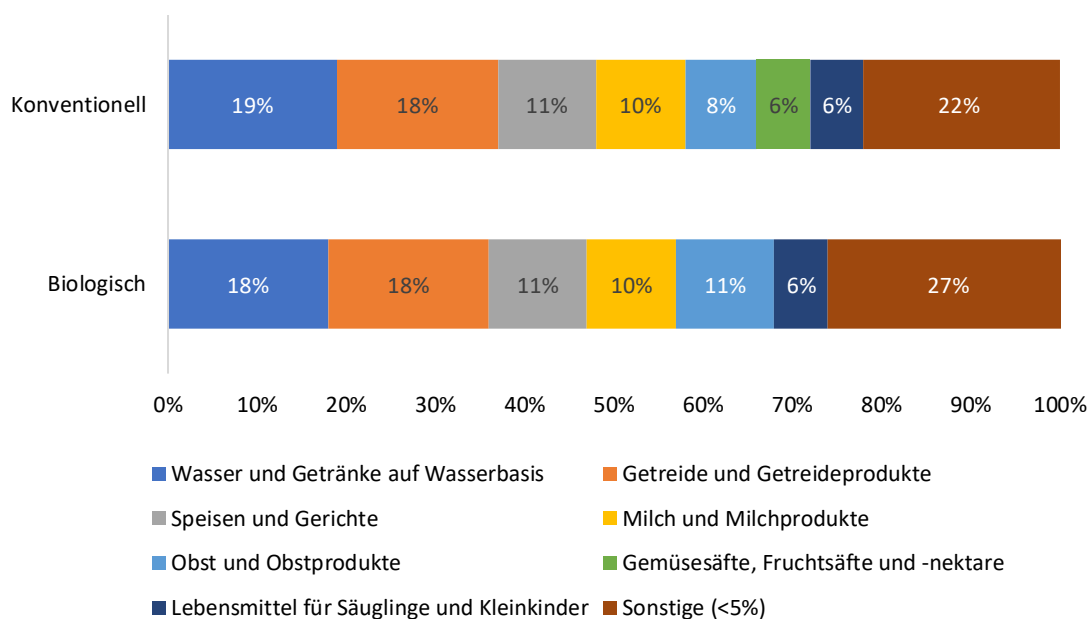


Abbildung 4: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Bleiexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KIESEL; nicht gestillte Kinder)

3.2.2.4 Vergleich der Exposition mit dem toxikologischen Referenzwert für Blei

Den Schätzungen der externen Exposition für Kinder zufolge liegt die Aufnahme von Blei durch den Verzehr von Lebensmitteln in der gleichen Größenordnung wie der BMDL₀₁ von 0,5 µg/kg KG und Tag (Tabelle 8). Die geringsten MOE-Werte errechnen sich für Kinder <1 Jahr mit 1,7 (P50, UB, vorwiegend biologische Lebensmittelauswahl) und 1,3 (P95, UB, vorwiegend biologische Lebensmittelauswahl) bzw. für Kinder im Alter von 1–2 Jahren mit 2,2 (P50, UB, vorwiegend biologische Lebensmittelauswahl) bzw. 1,3 (P95, UB, vorwiegend biologische Lebensmittelauswahl), d. h. für die jüngste Altersgruppe ergibt sich ein MOE von maximal 2. Die Exposition von einer geringen Anzahl an Kindern (zwei oder drei Kinder, abhängig von der Art der Lebensmittelauswahl und Umgang mit linkszensierten Daten) liegt oberhalb des BMDL₀₁.

Tabelle 8: Margin of Exposure (basierend auf dem BMDL₀₁ von 0,5 µg/kg KG und Tag und der ermittelten Exposition) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95	P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	3,47	1,94	2,58	1,59	3,25	1,74	2,53	1,51
Jungen	481	3,38	1,95	2,55	1,65	3,29	1,79	2,49	1,58
Mädchen	471	3,47	1,84	2,63	1,53	3,21	1,69	2,58	1,46
0,5–<1 Jahr	57	2,24	1,62	1,85	1,42	1,95	1,42	1,71	1,34
1–<3 Jahre	308	3,09	1,75	2,31	1,37	2,86	1,58	2,24	1,35
3–<6 Jahre	588	3,79	2,14	2,87	1,74	3,55	2,12	2,75	1,71

N: Anzahl Kinder; BMDL: Benchmark Dose Lower Confidence Limit; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

3.2.3 Cadmium

Cadmium ist ein Metall, das sowohl natürlicherweise in der Erdkruste vorkommt als auch über anthropogene Einflüsse in die Umwelt gelangen kann. Aus Boden und Wasser gelangt Cadmium in Pflanzen und Tiere und darüber in die Nahrungskette. Für die nicht-rauchende Bevölkerung gelten Lebensmittel als Hauptquelle der Cadmiumexposition (EFSA-CONTAM, 2009).

3.2.3.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Cadmium

Im Jahr 2009 leitete die EFSA eine tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge (tolerable weekly intake; TWI) von 2,5 µg/kg KG und Woche ab (EFSA-CONTAM, 2009), welche für den Vergleich mit den hier ermittelten Aufnahmemengen herangezogen wurde.

3.2.3.2 Cadmiumgehalte nach Lebensmittelgruppen der BfR-MEAL-Studie

Cadmium wurde in allen 356 MEAL-Lebensmitteln gemessen. Der Anteil der linkszensierten Daten beträgt 30 % bei LODs von 0,0003 mg/kg (feuchte Lebensmittel) bzw. 0,002 mg/kg (trockene Lebensmittel) und LOQs von entsprechend 0,001 mg/kg bzw. 0,005 mg/kg. Trinkwasser wurde mit einem LOD von 0,00007 mg/kg und einem LOQ von 0,0002 mg/kg gemessen.

Unter den unspezifischen Lebensmitteln zeigt die Hauptgruppe „Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus“ mit 0,02 mg/kg (P50, UB) den höchsten Gehalt (Anhang A2; Tabelle A-7). Unter Betrachtung der MEAL-Lebensmittel, welche nach konventioneller bzw. biologischer Erzeugung differenziert wurden, zeigt in beiden Fällen die Hauptgruppe „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ mit jeweils 0,02 mg/kg die höchsten Cadmiumgehalte (P50, UB) (Tabelle A-8 und Tabelle A-9). Keine oder nur geringe Cadmiumgehalte konnten über alle Stratifizierungen für „Eier und Eiprodukte“, „Tierische und pflanzliche Fette und Öle“, „Obst- und Gemüsesäfte und -nektare“, „Wasser und wasserbasierte Getränke“ sowie „Alkoholische Getränke“ quantifiziert werden. Die

restlichen Hauptgruppen bewegen sich zwischen Gehalten von <0,001 mg/kg und 0,01 mg/kg (P50, UB).

Die Lebensmittel mit dem höchsten Cadmiumgehalt sind Steinpilze (0,32 mg/kg), Kakaopulver (0,28 mg/kg) und Sonnenblumenkerne (0,27 mg/kg).

Zwischen konventionell und biologisch hergestellten Lebensmitteln sind keine systematischen Unterschiede erkennbar. Die Unterschiede in einigen Lebensmittelhauptgruppen sind auf einzelne Lebensmittel zurückzuführen und lassen sich vornehmlich auf die unterschiedliche Zusammensetzung der konventionellen bzw. biologischen Pools zurückführen (z. B. die Verwendung anderer Getreidesorten für dasselbe Produkt) (Fechner et al., 2022). Die Cadmiumgehaltsdaten sind im [Public Use File](#) einzusehen.

3.2.3.3 Cadmiumexposition über Lebensmittel für Kinder

Die Cadmiumexposition lag unter Betrachtung des konventionellen Szenarios etwas über dem biologischen Szenario, weshalb im Folgenden auf die Exposition im konventionellen Szenario Bezug genommen wird (Tabelle 9). Die mediane Cadmiumexposition bei Kindern liegt bei 1,9 µg/kg KG und Woche (P50, UB). Im P95 liegt die Zufuhr bei 3,4 µg/kg KG und Woche. Die Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen und verschiedenen Altersgruppen sind marginal, wobei 1–<3-Jährige die höchste Exposition zeigen. Daten zur Cadmiumexposition wurden in Kolbaum et al. (2024) veröffentlicht.

Sowohl bei vornehmlich konventioneller als auch bei biologischer Herstellung tragen „Getreide und Produkte auf Getreidebasis“, „Speisen und Gerichte“ und „Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus“ am meisten zur Cadmiumexposition bei (Abbildung 5).

Bezogen auf die mittlere Exposition pro Lebensmittel tragen „Tintenfisch“, „Spinat“ und „Beikost: verzehrfertiger Brei, Menü“ bei Verzehr am meisten zur Exposition bei (konventionelles Szenario). Im biologischen Szenario ist außerdem „Mohnkuchen, Mohngebäck“ relevant.

Zurzeit erarbeitet das BfR eine Stellungnahme zur lebensmittelbedingten Cadmiumexposition (BfR, 2024c).

Tabelle 9: Cadmiumexposition in µg pro kg Körpergewicht und Woche (µg/kg KG und Woche) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in µg/kg KG und Woche							
		Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95	P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	1,8	3,2	1,9	3,4	1,5	2,6	1,7	2,8
Jungen	481	1,8	3,2	2,0	3,4	1,6	2,6	1,7	2,8
Mädchen	471	1,7	3,2	1,8	3,4	1,4	2,7	1,6	2,9
0,5–<1 Jahr	57	2,1	3,3	2,3	3,5	1,5	2,4	1,8	2,6
1–<3 Jahre	308	2,1	3,5	2,3	3,7	1,7	2,9	1,9	3,1
3–<6 Jahre	588	1,7	3,0	1,8	3,1	1,4	2,4	1,6	2,6

N: Anzahl Kinder; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

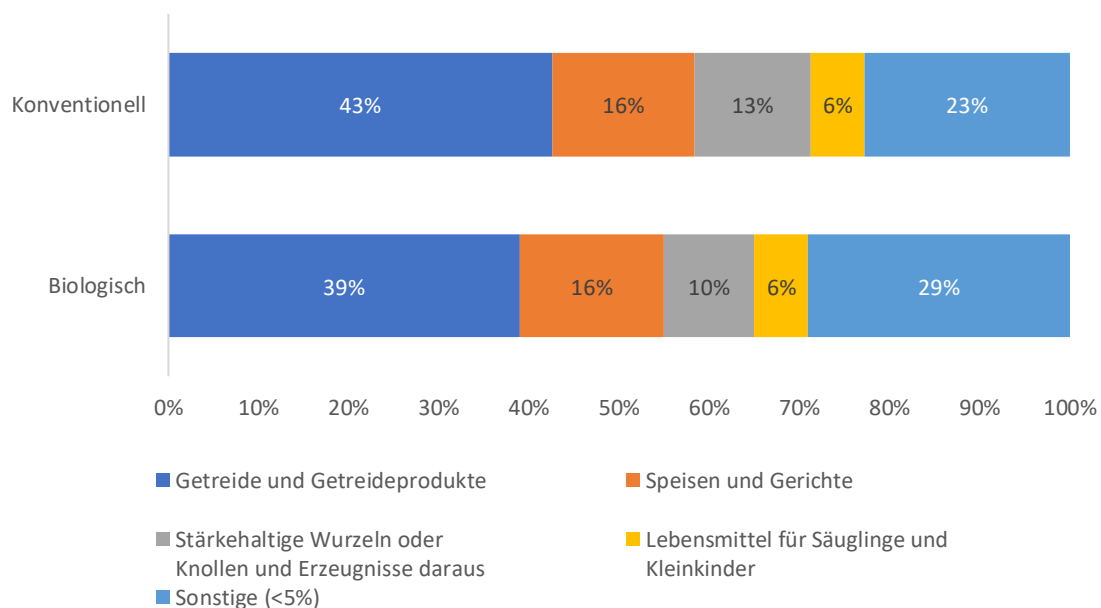


Abbildung 5: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Cadmiumexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.2.3.4 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Cadmium

Die mediane Exposition liegt für alle Szenarien unterhalb des von der EFSA abgeleiteten TWIs (Tabelle 10). Hingegen überschreitet die ermittelte Exposition für alle Szenarien den TWI im P95, wobei die Überschreitung bei Auswahl vornehmlich biologisch erzeugter Lebensmittel insgesamt etwas geringer ausfällt. Kinder im Alter von 1–<3 Jahren zeigen basierend auf der hohen Exposition die höchste TWI-Überschreitung (bis zu 1,5-fach). Im konventionellen Szenario überschreitet die Exposition bei insgesamt 24 % der Kinder den TWI mit einem Anteil von 39 % unter den 1–<3-Jährigen. Im biologischen Szenario liegt der Anteil um über die Hälfte darunter mit 10 % bezogen auf die Gesamtpopulation bzw. 15 % unter den 1–<3-Jährigen (Tabelle 10).

Tabelle 10: Ausschöpfung (%) des TWI von 2,5 µg/kg KG und Woche durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des TWI (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		Ausschöpfung		Überschreitung		Ausschöpfung		Überschreitung	
		P50 (%)	P95 (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	P50 (%)	P95 (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)
Gesamt	952	77	136	227	24	68	110	90	10
Jungen	481	80	134	115	24	69	110	46	10
Mädchen	471	74	136	113	24	65	116	45	9
0,5–<1 Jahr	57	93	139	21	36	71	106	5	8
1–<3 Jahre	308	92	148	119	39	75	124	46	15
3–<6 Jahre	588	73	126	88	15	64	105	40	7

N: Anzahl Kinder; TWI: Tolerable Weekly Intake

3.2.4 Dioxine & dl-PCBs (dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle)

Polychlorierte Dibenzo-*p*-dioxine (PCDD) und -furane (PCDF) sind eine Gruppe von persistenten chlororganischen Verbindungen, die überwiegend aus anthropogenen Quellen, wie bei der chemischen Synthese chlororganischer Verbindungen, unter spezifischen Bedingungen und bei der Verbrennung (oder sonstigen Hochtemperaturprozessen) unter Anwesenheit von chlorhaltigen Verbindungen entstehen. In geringen Mengen können PCDD/F auch aus natürlichen Prozessen (z. B. Vulkaneruptionen) resultieren (WHO, 2019).

Die Gruppe der PCDD/F besteht aus 75 polychlorierten Dibenzo-*para*-Dioxinen (PCDD) und 135 polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF), die sich in ihrer Toxizität unterscheiden. Um die Summe der Wirkungen von Gemischen von PCDD/F bewerten zu können, werden den einzelnen Kongenere sogenannte Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) zugeordnet. Das 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin (2,3,7,8-TCDD) – auch „Sevesodioxin“ genannt – weist die höchste Toxizität auf, weshalb diesem der TEF=1 zugeordnet wird. Alle anderen Kongenere erhalten entsprechend ihrer Wirkstärke geringere TEF (DeVito et al., 2024).

Neben den PCDD/F selbst gibt es weitere Kontaminanten, denen eine dioxinähnliche Wirkung zugeschrieben wird. Zu diesen zählen auch einzelne Vertreter der polychlorierten Biphenyle (PCB). Dabei handelt es sich um 12 dl-PCB, denen ebenfalls TEF zugeordnet und in ihrer Wirkung mit den PCDD/F zusammengefasst werden. PCB-Gemische, die sowohl koplanare (dioxinähnliche) als auch nicht-dioxinähnliche Kongenere enthielten, wurden wegen ihrer günstigen technischen Eigenschaften in Transformatoren, Kondensatoren, Flammschutzmitteln, Dichtungsmassen und Wärmetauschern und als Hydraulikflüssigkeiten verwendet. Aufgrund ihrer Persistenz und ihres früher weitverbreiteten Einsatzes sind PCB noch immer in der Umwelt und in Lebensmitteln nachzuweisen. Nach Verbot der offenen Anwendungen erfolgt die Freisetzung vor allem durch unsachgemäße Entsorgung sowie aus undichten geschlossenen Systemen. Sowohl PCBs als auch PCDD/F sind stark lipophile, wenig flüchtige und sehr persistente Verbindungen, die sich in der Umwelt in fetthaltigen Matrices anreichern. Der Hauptaufnahmeweg für die Gesamtexposition gegenüber PCDD/F sowie PCB ist die Nahrung (EFSA-CONTAM, 2018).

Für die hier dargestellten Auswertungen wurden die Summenparameter für WHO-PCDD/F-PCB-TEQ auf Basis der aktualisierten WHO-TEF aus dem Jahr 2022 (DeVito et al., 2024) berechnet.

3.2.4.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Dioxine & dl-PCBs

Im Jahr 2018 hat die EFSA aufgrund neuer toxikologischer Erkenntnisse die bis dahin geltende tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge (TWI) von 14 pg WHO-TEQ/kg Körpergewicht auf 2 pg WHO-TEQ/kg Körpergewicht abgesenkt. Um für diesen Bericht ermitteln zu können, ob durch den Lebensmittelverzehr ein potenzielles gesundheitliches Risiko durch die Aufnahme von Dioxinen und dl-PCBs besteht, wurde die Exposition (ausgedrückt als WHO-TEQ) mit dem aktualisierten TWI der EFSA von 2 pg WHO-TEQ/kg KG und Woche verglichen (EFSA-CONTAM, 2018). Dieser TWI wurde unter Berücksichtigung der WHO-TEFs von 2005 abgeleitet, während die Exposition auf Basis der aktualisierten WHO-TEFs von 2022 berechnet wurde.

3.2.4.2 Dioxin- und dl-PCB-Gehalte nach Lebensmittelgruppen der BfR-MEAL-Studie

Die Darstellung und Beschreibung der Gehaltsdaten erfolgt ausschließlich für die Gesamtsumme der Dioxine und dl-PCBs, ausgedrückt als WHO-PCDD/F-PCB-TEQ (WHO-TEF 2022). Die Verteilungen der Lebensmittel-Mittelwerte für Dioxine und dl-PCBs innerhalb der Lebensmittelhauptgruppen (N=17) sind im Anhang A2 für den mLB und UB mit dem Bezug zum Frischgewicht bei unspezifischer, biologischer und konventioneller Erzeugung dargestellt (Tabelle A-10 bis Tabelle A-12). Der Anteil an Werten kleiner LOQ lag bei der Summe der PCDD/F bei 3 %, bei der Summe der dl-PCBs waren alle Werte bestimmbar. Sofern mindestens ein Kongener innerhalb der dl-PCBs und entsprechend innerhalb der PCDD/F bestimmbar war, wurde die jeweilige Summe als bestimmbar gezählt.

Schließlich wurden Messwerte mit Fettbezug anhand der vom Labor angegebenen Fettgehalte für jeden einzelnen Pool auf Frischgewicht umgerechnet, um sie für die Ermittlung der Gesamtaufnahme der WHO-TEQ verwenden zu können.

Für die Summe der WHO-PCDD/F-PCB-TEQ (WHO-TEF 2022) ist zu sehen, dass „Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus“ mit 0,171 pg WHO₂₀₂₂-TEQ/g (P50, UB, unspezifische Erzeugung) die höchsten Gehalte an Dioxinen und dl-PCBs aufweisen. Dem folgen „Tierische und pflanzliche Fette und Öle“ mit 0,076 pg WHO₂₀₂₂-TEQ/g (P50, UB,

biologische Erzeugung) sowie „Milch und Milchprodukte“ mit 0,046 pg WHO₂₀₂₂-TEQ/g (P50, UB, unspezifische Erzeugung). Die geringsten medianen Gehalte zeigen die Lebensmittelgruppen „Alkoholische Getränke“ (0,001 pg WHO₂₀₂₂-TEQ/g, UB, biologische Erzeugung), „Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse“ (0,001 pg WHO₂₀₂₂-TEQ/g, UB, unspezifische und konventionelle Erzeugung), „Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate“ (0,005 pg WHO₂₀₂₂-TEQ/g, UB, unspezifische und biologische Erzeugung) sowie „Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder“ (0,005 pg WHO₂₀₂₂-TEQ/g, UB, unspezifische Erzeugung).

Bei Betrachtung der Stratifizierung zur Erzeugung liegen die medianen Gehalte (P50) für WHO-PCDD/F-PCB-TEQ (WHO-TEF 2022) bei der Lebensmittelhauptgruppe „Tierische und pflanzliche Fette und Öle“ bei biologisch erzeugten Lebensmitteln mit 0,076 (UB) pg WHO₂₀₂₂-TEQ/g höher als bei konventionell erzeugten Lebensmitteln mit 0,065 (UB) pg WHO₂₀₂₂-TEQ/g. Die gleiche Tendenz ist bei den Lebensmittelgruppen „Fleisch und Fleischprodukte“, „Eier und Eiprodukte“, „Milch und Milchprodukte“ sowie „Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis“ zu beobachten. Höhere Gehalte bei konventionell erzeugten Lebensmitteln lassen sich in den Lebensmittelgruppen „Gemüse und Pilze“ und „Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen“ finden.

Eine detaillierte Beschreibung der Gehaltsdaten auf Basis der WHO-TEF 2005 lässt sich anhand der Publikation von Stadion et al. (2022) nachvollziehen. Des Weiteren sind die Daten der BfR-MEAL-Studie zu Dioxinen und dl-PCB im [Public Use File](#) einzusehen.

3.2.4.3 Dioxin- und dl-PCB-Exposition über Lebensmittel für Kinder

In Tabelle 11 ist die langfristige tägliche Exposition der Summe der Dioxine und dl-PCB als WHO₂₀₂₂-TEQ im mLb und UB-Szenario bei Bevorzugung konventioneller oder biologischer Lebensmittel dargestellt. Beim vornehmlichen Verzehr biologischer Lebensmittel beträgt diese Exposition bei Kindern zwischen 0,5–<6 Jahren im Median 0,38–0,67 (mLb–UB) pg WHO₂₀₂₂-TEQ/kg KG und Tag. Bei Hochexponierten (P95) liegt die Exposition bei 0,75–1,14 (mLb–UB) pg WHO₂₀₂₂-TEQ/kg KG und Tag. Dabei nehmen Jungen mit 0,38–0,68 (P50, mLb–UB) bzw. 0,76–1,16 (P95, mLb–UB) pg WHO₂₀₂₂-TEQ/kg KG und Tag ähnliche Mengen an Dioxinen und dl-PCBs über den Verzehr auf wie Mädchen mit 0,37–0,65 (P50, mLb–UB) bzw. 0,71–1,10 (P95, mLb–UB) pg WHO₂₀₂₂-TEQ/kg KG und Tag. Bei Betrachtung der Altersgruppen fällt auf, dass Kinder zwischen 1 und <3 Jahren die höchste Exposition an Dioxinen und dl-PCBs aufweisen mit 0,44–0,76 (P50, mLb–UB) pg WHO₂₀₂₂-TEQ/kg KG und Tag und 0,91–1,34 (P95, mLb–UB) pg WHO₂₀₂₂-TEQ/kg KG und Tag.

Bei der Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel ist die Exposition etwas geringer.

Tabelle 11: WHO-PCDD/F-PCB-TEQ (WHO-TEF 2022)-Exposition in pg pro kg Körpergewicht und Tag (pg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in pg/kg KG und Tag							
		Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95	P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	0,32	0,64	0,58	1,00	0,38	0,75	0,67	1,14
Jungen	481	0,33	0,64	0,60	0,99	0,38	0,76	0,68	1,16
Mädchen	471	0,30	0,65	0,56	1,00	0,37	0,71	0,65	1,10
0,5–<1 Jahr	57	0,15	0,47	0,41	0,94	0,16	0,52	0,48	0,94
1–<3 Jahre	308	0,37	0,74	0,66	1,11	0,44	0,91	0,76	1,34
3–<6 Jahre	588	0,31	0,57	0,56	0,88	0,36	0,72	0,65	1,07

N: Anzahl Kinder; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

Die Anteile der verschiedenen Lebensmittelhauptgruppen an der Exposition gegenüber WHO-PCDD/F-PCB-WHO-TEQ (WHO-TEF 2022) sind in Abbildung 6 für den mLB und in Abbildung 7 für den UB aufgeführt. Die Anteile der Gruppen kleiner 5 % wurden dabei zusammengefasst.

Sowohl für den bevorzugten Verzehr von biologisch als auch für den konventionell erzeugter Lebensmittel ist die Rangfolge identisch und wird im mLB mit den „Milch und Milchprodukten“ mit 32 % bzw. 34 % angeführt. Den zweitgrößten Anteil nehmen „Getreide und Getreideprodukte“ mit 15 % bzw. 17 % ein. Darauf folgen die Lebensmittelgruppen „Speisen und Gerichte“, „Tierische und pflanzlichen Fette und Öle“ sowie „Fleisch und Fleischprodukte“.

Im UB tauschen sich die Anteile der ersten beiden Lebensmittelhauptgruppen im Vergleich zum mLB, sodass „Getreide und Getreideprodukte“ mit 23 % bzw. 26 % den größten Anteil an der durchschnittlichen Gesamtexposition einnehmen. An zweiter Stelle stehen „Milch und Milchprodukte“ mit 22 % bzw. 23 %. Dem folgen erneut „Speisen und Gerichte“, „Tierische und pflanzlichen Fette und Öle“ sowie „Fleisch und Fleischprodukte“ und schließlich „Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder“.

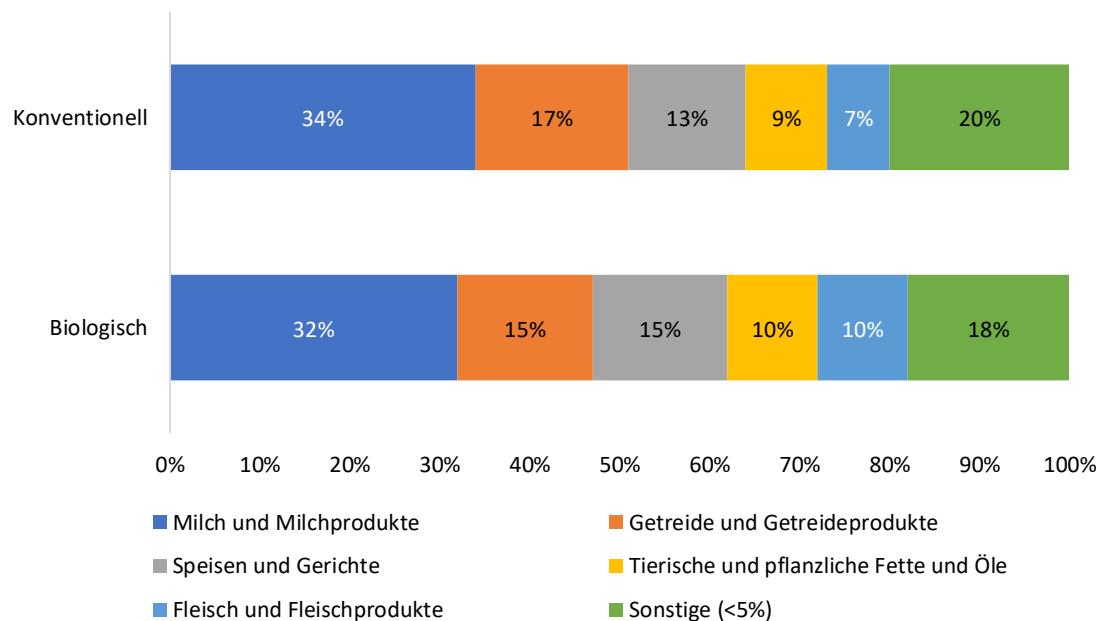


Abbildung 6: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen WHO-PCDD/F-PCB-TEQ (WHO-TEF 2022)-Exposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im mLB (Basis: KIESEL; nicht gestillte Kinder)

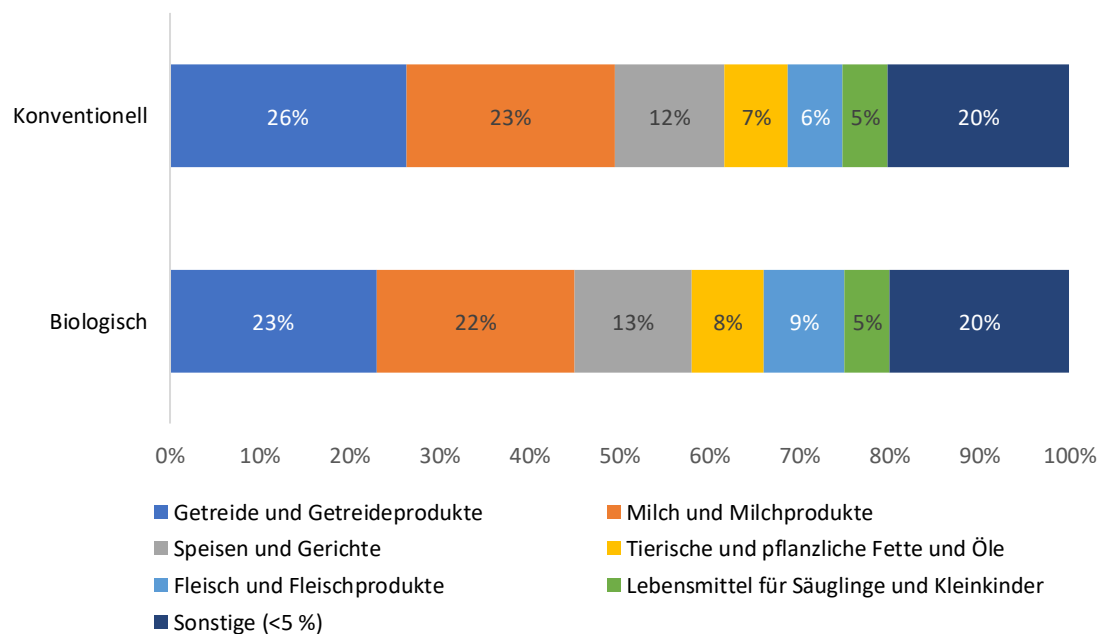


Abbildung 7: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen WHO-PCDD/F-PCB-TEQ (WHO-TEF 2022)-Exposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KIESEL; nicht gestillte Kinder)

Auch wenn die durchschnittliche Exposition bei allen Kindern vor allem durch den Verzehr von häufig verzehrten Lebensmitteln mit geringeren Gehalten geprägt ist, so spielen bei hochexponierten (P95) Kindern Lebensmittel mit hohen Gehalten an Dioxinen und dl-PCB eine bedeutende Rolle in der Aufnahme. Dies betrifft die Verzehrenden von verschiedenen Fischen wie Hering, Forelle, Lachs, Plattfischen oder Rotbarsch. Ebenso zeigen Verzehrende von Fleisch bzw. Fleischprodukten wie Schaffsfleisch, Blutwurst oder Hackfleisch höchste Aufnahmeanteile durch diese Lebensmittel.

3.2.4.4 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Dioxine und dl-PCBs

Im Folgenden wird die lebensmittelbedingte Exposition von Kindern mit dem von der EFSA ermittelten TWI von 2 pg/kg KG und Woche für Dioxine und dl-PCB verglichen (EFSA-CONTAM, 2018).

Tabelle 13 zeigt durchgängig größere TWI-Ausschöpfungen bzw. eine größere Anzahl an Personen oberhalb des TWI bei bevorzugter Auswahl biologisch erzeugter Lebensmittel im Vergleich zu konventionellen Lebensmitteln. Unter der Annahme, dass vornehmlich biologisch erzeugte Lebensmittel verzehrt werden, wird der TWI von in Deutschland lebenden Kindern zwischen 0,5 und <6 Jahren im Median zu 132–236 % (mLB–UB) ausgeschöpft. Die hohen Perzentile (P95) zeigen eine TWI-Ausschöpfung von 264–400 % (mLB–UB). Bei Betrachtung der Altersgruppen weisen Kinder zwischen 1 und <3 Jahren entsprechend der Exposition die höchsten TWI-Überschreitungen mit 152–267 % (P50, mLB–UB) bzw. bis zu 318–468 % (P95, mLB–UB) auf. Dagegen haben die jüngsten Kinder (0,5–<1 Jahre) die geringsten TWI-Ausschöpfungen und liegen teilweise unterhalb des TWI mit einer Ausschöpfung zwischen 55 % (P50, mLB) und 166 % (P50, UB).

Tabelle 12: Ausschöpfung des TWI von 2 pg/kg KG und Woche in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KIESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)
Gesamt	952	110	224	202	350	132	264	236	400
Jungen	481	114	224	211	348	134	267	238	407
Mädchen	471	106	227	194	350	130	250	226	384
0,5–<1 Jahr	57	51	165	143	329	55	181	166	328
1–<3 Jahre	308	129	258	233	389	152	318	267	468
3–<6 Jahre	588	107	199	195	308	125	250	226	374

N: Anzahl Kinder; TWI: Tolerable Weekly Intake; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

Tabelle 13: Anzahl (N) und Anteil (%) von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands mit einer Exposition oberhalb des TWI von 2 pg/kg KG und Woche (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)
Gesamt	952	559	59	925	97	700	74	925	97
Jungen	481	301	63	465	97	358	74	466	97
Mädchen	471	259	55	459	97	342	73	458	97
0,5–<1 Jahr	57	9	16	45	79	10	18	45	79
1–<3 Jahre	308	224	73	304	99	255	83	301	98
3–<6 Jahre	588	327	56	575	98	434	74	579	98

N: Anzahl Kinder; TWI: Tolerable Weekly Intake; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

3.2.5 Methylquecksilber

Methylquecksilber entsteht durch die Stoffwechselprozesse verschiedener anaerober Bakterien in Gewässern aus anorganischem Quecksilber, reichert sich über die aquatische Nahrungskette in Fischen und Meeresfrüchten an und gelangt so in unsere Lebensmittel (BfR, 2024d; EFSA-CONTAM, 2012). Dieser Abschnitt vergleicht die Exposition gegenüber Methylquecksilber mit dem gesundheitsbasierten Richtwert und berücksichtigt dabei nicht den potenziellen gesundheitlichen Nutzen durch den Verzehr von Fisch (z. B. Omega-3-Fettsäuren).

Neben organischem Methylquecksilber kommt Quecksilber außerdem als elementares Quecksilber (Hg⁰) und als anorganisches Quecksilber (Hg²⁺) vor. Für die Aufnahme von Quecksilberverbindungen über Lebensmittel ist in erster Linie Methylquecksilber relevant, weshalb sich im Folgenden auf Methylquecksilber bezogen wird (EFSA-CONTAM, 2012).

3.2.5.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Methylquecksilber

Für die gesundheitliche Bewertung des Vorkommens von Methylquecksilber in Fisch und Meeresfrüchten legte das BfR den durch die EFSA abgeleiteten TWI von 1,3 µg/kg KG und Woche zugrunde (BfR, 2024d; EFSA-CONTAM, 2012)

3.2.5.2 Methylquecksilberexposition über Lebensmittel für Kinder

Methylquecksilber ist die vorherrschende Form in Fisch und Meeresfrüchten, sodass die Aufnahme von Methylquecksilber mit dem Fischkonsum korreliert (EFSA-CONTAM, 2012). Aus diesem Grund werden in dieser Bewertung nur Individuen der KiESEL-Studie berücksichtigt, die im Erhebungszeitraum angaben, Fisch bzw. Meeresfrüchte verzehrt zu haben („nur Verzehrende“). Aus der BfR-MEAL-Studie wurden Gehaltsdaten zu Methylquecksilber der Lebensmittelhauptgruppe „Fisch, Krusten- und Weichtiere und

Erzeugnisse daraus“ verwendet (39 MEAL-Pools). Die Gehaltsdaten zu Methylquecksilber wurden im Rahmen einer Veröffentlichung (Sarvan et al., 2021) sowie einer BfR-Stellungnahme „Methylquecksilber in Fisch und Meeresfrüchten – gesundheitliche Bewertung neuer Daten aus der BfR-MEAL-Studie“ (BfR, 2024d) veröffentlicht. Die Daten sind über das [Public Use File](#) der BfR-MEAL-Studie abrufbar.

Laut KiESEL verzehren 29 % der Kinder im Alter von 0,5 bis <6 Jahren Fisch und/oder Meeresfrüchte (279 von 952 Individuen). Die Exposition gegenüber Methylquecksilber unterscheidet sich im mLB und UB nur geringfügig, da in nahezu allen untersuchten Lebensmittelpools Gehalte oberhalb des LOD/LOQ bestimmt wurden (Anteil von Pools <LOD/LOQ = 8 %). Daher werden im Folgenden ausschließlich die Expositionen des UB-Szenarios beschrieben.

Die mediane Methylquecksilberexposition bei Kindern durch den Verzehr von Fisch und Meeresfrüchten liegt bei 0,12 µg/kg KG und Woche (UB) (Tabelle 14). Hochexponierte (P95) erreichen Zufuhrmengen von 0,76 µg/kg KG und Woche. Mit 63 % hat „Pollock, Alaska pollock (Pollachius virens, Gadus chalcogrammus)“ den höchsten Anteil an der Methylquecksilberexposition (Abbildung 8). „Pollock, Alaska pollock (Pollachius virens, Gadus chalcogrammus)“ umfasst dabei Filet, Fischstäbchen und/oder gebackenes Fischfilet. Seelachs gehört allerdings zu Fischarten mit tendenziell geringeren Gehalten (BfR, 2024d; Sarvan et al., 2021). Der hohe Beitrag zur Exposition liegt daher im hohen Verzehr begründet. Andere Fischarten spielen mit Blick auf die Exposition bei Kindern eine eher untergeordnete Rolle, da sie in den berücksichtigten Altersgruppen kaum verzehrt werden.

Das BfR veröffentlichte bereits eine Stellungnahme zur Methylquecksilberexposition über den Verzehr von Fisch und Meeresfrüchten (BfR, 2024d).

Tabelle 14: Methylquecksilberexposition in µg pro kg Körpergewicht und Woche (µg/kg KG und Woche) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nur Verzehrende von Fisch und Meeresfrüchten; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in µg/kg KG und Woche (UB)	
		P50	P95
Gesamt	279 (952)	0,12	0,76
Jungen	142 (481)	0,11	0,71
Mädchen	137 (471)	0,13	0,78
0,5–<1 Jahr	2 (57)	n.b.	n.b.
1–<3 Jahre	96 (308)	0,12	0,81
3–<6 Jahre	180 (588)	0,12	0,63

N: Anzahl Verzehrende (in Klammern: Anzahl aller Kinder in der jeweiligen Altersgruppe); UB: Upper Bound; n.b.: nicht bestimmt, aufgrund der zu geringen Anzahl von Verzehrenden (N<20)

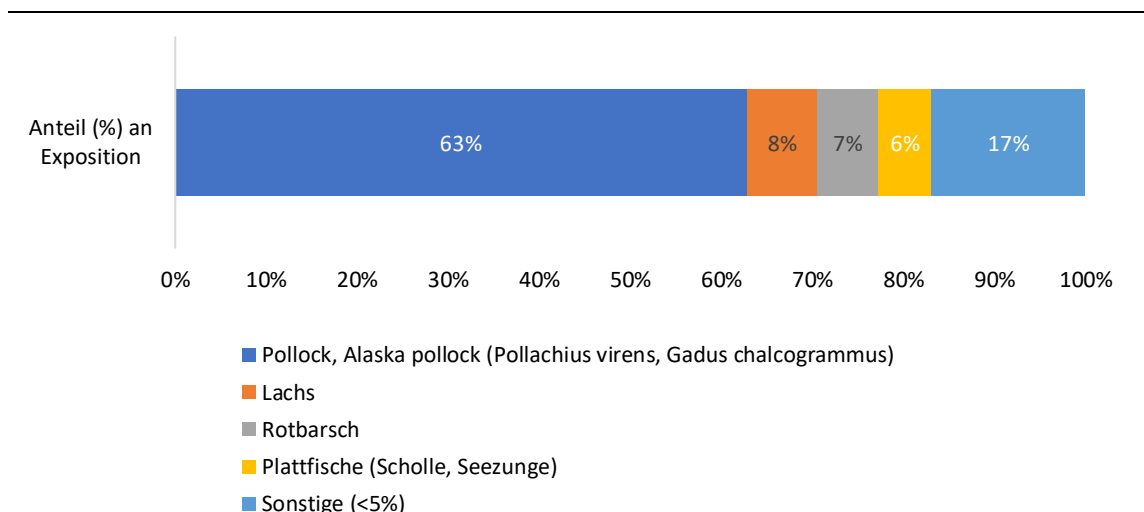


Abbildung 8: Anteil der MEAL-Lebensmittel an der durchschnittlichen Methylquecksilberexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nur Verzehrende von Fisch und Meeresfrüchten; nicht gestillte Kinder)

3.2.5.3 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Methylquecksilber

Entsprechend der berechneten Methylquecksilberexposition (Tabelle 14) schöpft die Exposition von Kindern durch den Verzehr von Fisch und Meeresfrüchten den TWI zu 10 % (P50) bzw. 58 % (P95) aus (Tabelle 15). Bei Kindern im Alter von 1 bis <3 Jahren erreicht die Exposition eine maximale Ausschöpfung von 62 %. Bei keinem der Kinder in der KiESEL-Studie überschreitet die Exposition den TWI.

Tabelle 15: Ausschöpfung (%) des TWI von 1,3 µg/kg KG und Woche durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des TWI (Basis: KiESEL; nur Verzehrende von Fisch und Meeresfrüchten; nicht gestillte Kinder)

	N	Ausschöpfung		Überschreitung	
		P50 (%)	P95 (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)
Gesamt	279 (952)	10	58	0	0
Jungen	142 (481)	8	55	0	0
Mädchen	137 (471)	10	60	0	0
0,5–<1 Jahr	2 (57)	n.b.	n.b.	0	0
1–<3 Jahre	96 (308)	9	62	0	0
3–<6 Jahre	180 (588)	10	48	0	0

TWI: Tolerable Weekly Intake; N: Anzahl Verzehrende (in Klammern: Anzahl aller Kinder in der jeweiligen Altersgruppe); n.b.: nicht bestimmt, aufgrund der zu geringen Anzahl von Verzehrenden (N<20)

3.2.6 ndl-PCBs (nicht-dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle)

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind eine Gruppe von 209 Kongeneren chlorierter Substanzen, die sich durch unterschiedliche Anzahl und Stellung der Chloratome am Biphenyl unterscheiden. 130 dieser Kongenere kommen in produzierten Gemischen vor. PCB sind für verschiedene Anwendungen zweckbestimmt hergestellt und eingesetzt worden, in der Hauptsache als nicht brennende und zähe Flüssigkeiten mit geringer Leitfähigkeit in Transformatoren und in Hydrauliköl. PCB sind lipophil, teilweise persistent und reichern sich daher im Fettgewebe von Menschen und Tieren an (EFSA-CONTAM, 2005).

Einige PCB-Kongenere zeigen zu den Dioxinen vergleichbare biologische Wirkungen, welche in Kapitel 3.2.4 behandelt werden. Die restlichen in diesem Bericht betrachteten PCB-Kongenere haben keine dioxinähnlichen Eigenschaften. Sie weisen ein anderes toxikologisches Profil auf und werden als nicht-dioxinähnliche PCB (ndl-PCB) bezeichnet. Für die Summe von 6 Kongeneren der ndl-PCB (sog. Indikator-Kongenere: PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153, PCB180, auch $\Sigma 6\text{PCB}$) gelten entsprechend der Verordnung (EU) 2023/915 (VO EU-2023/915) Höchstgehalte für verschiedene Lebensmittelkategorien.

3.2.6.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für ndl-PCBs

In Tierversuchen über einen längeren Zeitraum mit einzelnen ndl-PCB-Kongeneren wurden hauptsächlich Schilddrüseneffekte, Leberveränderungen, neuronale Effekte, Immuntoxizität sowie endokrine Veränderungen und reproduktionstoxikologische Effekte beobachtet. In epidemiologischen Studien wurden diese Befunde teilweise bestätigt. Als empfindlichste Zielorgane gegenüber einer ndl-PCB-Aufnahme wurden dabei die Leber und die Schilddrüse identifiziert (WHO 2016).

Aufgrund der unzureichenden Datenlage konnte die JECFA weder für Erwachsene noch für Kinder einen HBGV für die Summe der sechs Indikator-PCB ($\Sigma 6\text{PCB}$: PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153, PCB180) festlegen (WHO & FAO, 2016). Da für die betrachtete Population kein geeigneter HBGV / Referenzpunkt zur Verfügung steht, kann kein Abgleich der Exposition gegenüber $\Sigma 6\text{PCB}$ und der toxikologischen Kenngröße erfolgen.

3.2.6.2 ndl-PCB-Gehalte nach Lebensmittelgruppen der BfR-MEAL-Studie

Eine Darstellung und Beschreibung der Gehaltsdaten zu ndl-PCBs aus der BfR-MEAL-Studie erfolgte in der Publikation von (Stadion et al., 2022). Des Weiteren sind die Daten der BfR-MEAL-Studie zu ndl-PCBs im [Public Use File](#) einzusehen. Da für die Summe der ndl-PCBs ($\Sigma 6\text{PCB}$) alle Pools bestimmbare Werte aufweisen, sind die Ergebnisse im mLb und im UB identisch, weshalb für die folgenden Auswertungen zur Exposition ausschließlich der UB verwendet und beschrieben wird.

3.2.6.3 ndl-PCB-Exposition über Lebensmittel für Kinder

In Tabelle 16 ist die langfristige tägliche Exposition der Summe der 6 Indikator-ndl-PCBs ($\Sigma 6\text{PCB}$: PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153, PCB180) im UB-Szenario bei vornehmlich biologischer und konventioneller Lebensmittelauswahl dargestellt. Diese liegt bei Kindern mit vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl bei 2,32 ng/kg KG und Tag (P50). Im Vergleich dazu ist die Exposition bei der Annahme des Verzehrs vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel mit 1,73 ng/kg KG und Tag (P50) um den Faktor 1,3 geringer. Hochexponierte (P95) Kinder nehmen mit 4,99 (biologische Lebensmittelauswahl) bzw. 3,75 (konventionelle Lebensmittelauswahl) ng/kg KG und Tag etwa doppelt so viel ndl-PCB auf

wie im Median. Jungen zeigen dabei mit 2,41 (biologische Lebensmittelauswahl) bzw. 1,78 (konventionelle Lebensmittelauswahl) ng/kg KG und Tag eine geringfügig höhere ndl-PCB-Exposition im Vergleich zu Mädchen mit 2,31 (biologische Lebensmittelauswahl) bzw. 1,67 (konventionelle Lebensmittelauswahl) ng/kg KG und Tag. Kinder im Alter von 1–<3 Jahren weisen mit 2,62 (biologische Lebensmittelauswahl) bzw. 2,0 (konventionelle Lebensmittelauswahl) ng/kg KG und Tag im Median und mit 5,36 (biologische Lebensmittelauswahl) bzw. 3,98 ng/kg KG und Tag im P95 die höchste Exposition gegenüber ndl-PCB auf.

Tabelle 16: ndl-PCB-Exposition (Σ 6PCB) in ng pro kg Körpergewicht und Tag (ng/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in ng/kg KG und Tag			
		Konventionell		Biologisch	
		P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	1,73	3,75	2,32	4,99
Jungen	481	1,78	3,79	2,41	5,28
Mädchen	471	1,67	3,73	2,31	4,92
0,5–<1 Jahr	57	0,87	2,37	1,78	3,57
1–<3 Jahre	308	2,00	3,98	2,62	5,36
3–<6 Jahre	588	1,65	3,24	2,24	4,99

N: Anzahl Kinder

Die Anteile der 17 beprobten Lebensmittelhauptgruppen an der Gesamtexposition der Summe der ndl-PCBs (Σ 6PCB) in Bezug auf nicht gestillte Kinder sind in Abbildung 9 für den UB dargestellt. Die Anteile der Gruppen mit weniger als 5 % wurden dabei unter „Sonstige (< 5 %)“ zusammengefasst. Es ist zu sehen, dass sowohl für den bevorzugten Verzehr von biologisch als auch von konventionell erzeugten Lebensmitteln „Milch und Milchprodukte“ mit 24 % (konventionelle Lebensmittelauswahl) bzw. 25 % (biologische Lebensmittelauswahl) am meisten zur Gesamtexposition der ndl-PCBs beitragen. An zweiter Stelle weicht die Rangfolge der Lebensmittelhauptgruppen zwischen den Erzeugungsarten voneinander ab. Bei bevorzugtem Verzehr biologisch erzeugter Lebensmittel folgt die Lebensmittelhauptgruppe „Fleisch und Fleischprodukte“ mit einem Anteil von 17 % an zweiter Stelle. Lebensmitteln dieser Hauptgruppe kommt damit bei biologischer Lebensmittelauswahl eine deutlich größere Bedeutung zu als bei Auswahl konventionell erzeugter Lebensmittel (10 %). Im Gegensatz dazu trägt bei Lebensmitteln aus konventioneller Erzeugung die Lebensmittelhauptgruppe „Getreide und Getreideprodukte“ mit einem Anteil von 17 % am zweithöchsten zur Gesamtexposition der ndl-PCB bei, welche bei biologisch erzeugten Lebensmitteln an dritter Stelle mit 16 % steht. Darauf folgen unabhängig von der Erzeugungsart die Lebensmittelhauptgruppen „Speisen und Gerichte“ sowie „Tierische und pflanzliche Fette und Öle“. Ebenfalls von Bedeutung sind die Lebensmittelhauptgruppen „Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder“ sowie „Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus“.

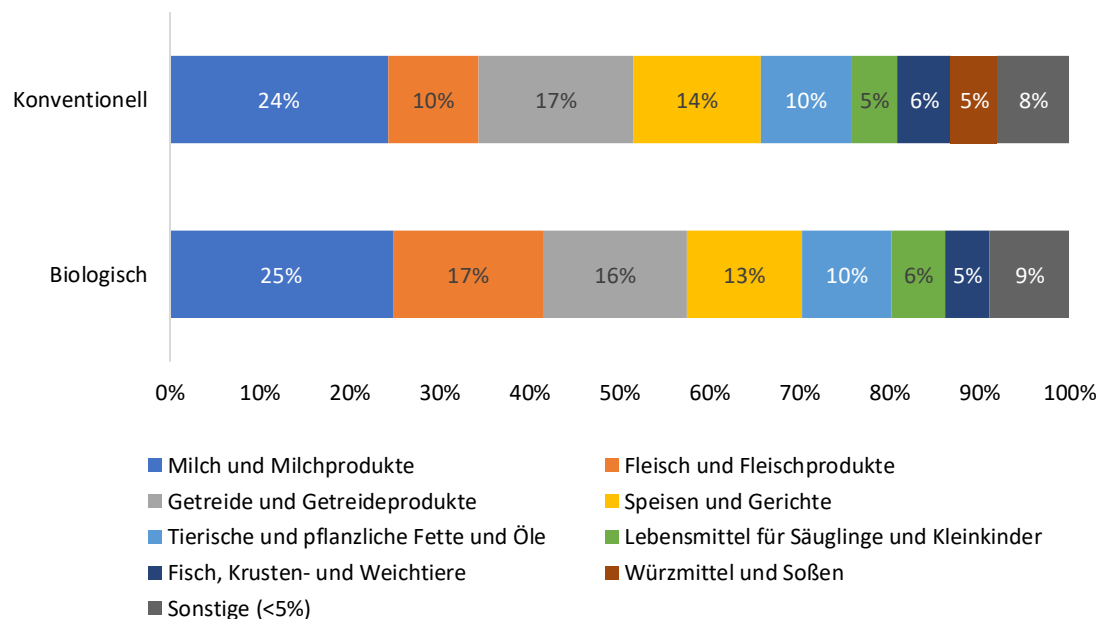


Abbildung 9: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen ndl-PCB-Exposition ($\Sigma 6\text{PCB}$) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KIESEL; nicht gestillte Kinder)

Neben der Bedeutung von Lebensmittelhauptgruppen für die durchschnittliche Exposition der ndl-PCB bei allen Kindern können vereinzelte Lebensmittel bei hochexponierten Kindern eine bedeutende Rolle in der Aufnahme spielen. Dies betrifft besonders die Verzehrenden von Lachs, die mit 4,19 (konventionelle Lebensmittelauswahl) bzw. 5,11 (biologische Lebensmittelauswahl) ng/kg KG und Tag eine 2,1- bis 2,4-mal höhere Gesamtexposition für die Summe der ndl-PCB über alle Lebensmittel im Vergleich zu allen befragten Kindern (siehe Tabelle 16) aufweisen. Dies gilt ebenso für Verzehrende von geräuchertem Lachs mit einer erhöhten Gesamtexposition von 2,58 (konventionelle Lebensmittelauswahl) bzw. 3,34 (biologische Lebensmittelauswahl) ng/kg KG und Tag. Weiterhin zeigen Verzehrende von „Speisen und Gerichten“ wie „Nudelaufguss/Lasagne“ oder „Teigwaren gefüllt/Maultaschen“, aber auch Verzehrende von „Käsesoßen“ eine erhöhte Gesamtexposition für die Summe der ndl-PCB über alle Lebensmittel.

3.2.7 Nickel

Nickel ist ein weitverbreitetes und natürlicherweise in der Erdkruste vorkommendes chemisches Element. Aufgrund seiner Eigenschaften findet Nickel überwiegend in der Edelstahlherstellung, Herstellung von Legierungen sowie der Galvanik Anwendung. Nickelhaltige Legierungen werden unter anderem im medizinischen Bereich, in Batterien, Erdölraffinerien, Chemieanlagen, Kraftwerken und Offshore-Anlagen eingesetzt. Die Freisetzung von Nickel in die Umwelt erfolgt sowohl auf natürlichem Weg, z. B. durch das Aufwirbeln von Bodenpartikeln oder die Verwitterung von Gesteinen, als auch durch Zutun des Menschen, z. B. durch die Kohle- und Ölverbrennung oder Müllverbrennung. Dementsprechend erfolgt die Exposition der Allgemeinbevölkerung gegenüber Nickel über die Luft, Lebensmittel, Wasser und nickelhaltige Produkte wie Kochgeschirr und Schmuck (ATSDR, 2024).

Die nachfolgende Expositionsschätzung berücksichtigt die nahrungsbedingte Nickelaufnahme.

3.2.7.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Nickel

Zum Abgleich mit den hier ermittelten Expositionswerten wurde die von der EFSA abgeleitete tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (Tolerable Daily Intake; TDI) in Höhe von 13 µg/kg KG und Tag herangezogen (EFSA-CONTAM, 2020).

3.2.7.2 Nickelgehalte nach Lebensmittelgruppen der BfR-MEAL-Studie

Der Nickelgehalt wurde in 356 Lebensmitteln der BfR-MEAL-Studie bestimmt. In Abhängigkeit von der Matrix lag der LOD bei 0,03; 0,006 bzw. 0,0003 mg/kg und der LOQ bei 0,1; 0,02 bzw. 0,001 mg/kg. Der Anteil linkszensierter Daten lag bei 25 %.

Der höchste Nickelgehalt wurde für Lebensmittel der Hauptgruppe „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ bestimmt (Tabelle A-13 bis Tabelle A-15). Der mediane Nickelgehalt (UB) dieser Lebensmittelhauptgruppe liegt bei 1,350 mg/kg (unspezifische Erzeugung), 0,933 mg/kg (konventionelle Erzeugung) und 0,585 mg/kg (biologische Erzeugung). Die Lebensmittelhauptgruppe „Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate“ weist bei konventioneller und biologischer Erzeugung den zweithöchsten Nickelgehalt auf, welcher jedoch ausschließlich auf das Lebensmittel „Tofu“ zurückzuführen ist, welches als einziges Lebensmittel in dieser Hauptgruppe stratifiziert nach Art der Erzeugung gemessen wurde. Mit 0,420 mg/kg haben Lebensmittel der Hauptgruppe „Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis“ den zweithöchsten medianen Nickelgehalt bei unspezifischer Erzeugung. Der hohe Nickelgehalt von Lebensmitteln dieser Hauptgruppe ist durch kakaohaltige Lebensmittel begründet.

Unter den Lebensmitteln mit den höchsten Nickelgehalten befinden sich überwiegend kakaohaltige Lebensmittel („Kakaopulver“, „Zartbitterschokolade, Bitterschokolade“ und „Getränkepulver, löslich“³) und Lebensmittel der Hauptgruppe „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ („Cashewnüsse“, „Sonnenblumenkerne“, „Walnüsse“, „Haselnüsse“, „Haselnussmus“ und „Kürbiskerne“). Wobei der Nickelgehalt des Lebensmittels

³ Das Lebensmittel „Getränkepulver, löslich“ umfasst verschiedene kakaohaltige Getränkepulver.

„Kakaopulver“⁴ (11,05 mg/kg) den Nickelgehalt der anderen Lebensmittel (1,85–5,35 mg/kg) deutlich übersteigt.

Die Gehaltsdaten zu Nickel wurden bereits im Rahmen einer Publikation veröffentlicht (Fechner et al., 2022) und können im [Public Use File](#) der BfR-MEAL-Studie eingesehen werden.

3.2.7.3 Nickelexposition über Lebensmittel für Kinder

Unter Berücksichtigung des UB-Ansatzes liegt die mediane Nickelexposition bei vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl bei 3,6 µg/kg KG und Tag (Tabelle 17). Hochexponierte Kinder (P95) mit vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl erreichen eine Nickelexposition in Höhe von 6,7 µg/kg KG und Tag. Über die Altersgruppen schwankt die Nickelexposition im P50 zwischen 3,4 und 3,9 µg/kg KG und Tag. Die Nickelexposition bei vornehmlich konventioneller Lebensmittelauswahl liegt im Median nur geringfügig unter der Nickelexposition bei vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl. Hingegen deutet sich im P95 eine geringfügig höhere Nickelexposition bei vornehmlich konventioneller Lebensmittelauswahl an. Ungeachtet dessen sind die Unterschiede als marginal zu betrachten. Das BfR veröffentlichte bereits eine Mitteilung zur Nickelexposition in der Bevölkerung Deutschlands (BfR, 2022a) sowie eine Stellungnahme über die Nickelexposition durch den Verzehr von Algen (BfR, 2023).

Tabelle 17: Nickelexposition in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in µg/kg KG und Tag							
		Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95	P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	3,0	6,2	3,5	6,8	3,2	6,2	3,6	6,7
Jungen	481	3,0	6,4	3,5	6,9	3,2	6,5	3,7	6,9
Mädchen	471	3,0	5,9	3,4	6,4	3,1	5,8	3,5	6,5
0,5–<1 Jahr	57	2,4	6,3	3,0	6,7	3,0	5,9	3,7	6,7
1–<3 Jahre	308	3,3	7,5	3,7	7,8	3,3	6,7	3,9	7,2
3–<6 Jahre	588	2,9	6,0	3,4	6,4	3,0	5,8	3,4	6,2

N: Anzahl Kinder; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

In Abbildung 10 sind die Anteile der Lebensmittelhauptgruppen dargestellt, die am meisten zur Nickelexposition beitragen. Sowohl bei vornehmlich konventioneller als auch bei biologischer Herstellung tragen „Getreide und Getreideprodukte“ mit 31 % am meisten zur Nickelexposition bei. Gefolgt von „Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis“, „Obst und Obstprodukte“ und „Milch und Milchprodukte“. Auf Lebensmittelebene tragen besonders kakaohaltige Lebensmittel wie „Nuss-Nougat-Creme und Schokocreme“,

⁴ Das Lebensmittel „Kakaopulver“ umfasst schwach entöltes Kakaopulver verschiedener Hersteller.

„Getränkepulver, löslich“ und „Schokoladen-Riegel“ sowie häufig verzehrte Getreideprodukte wie „Weißbrot, Brötchen“, „Vollkornbrot, Vollkornbrötchen“ und „Haferflocken“ zur Nickerexposition bei.

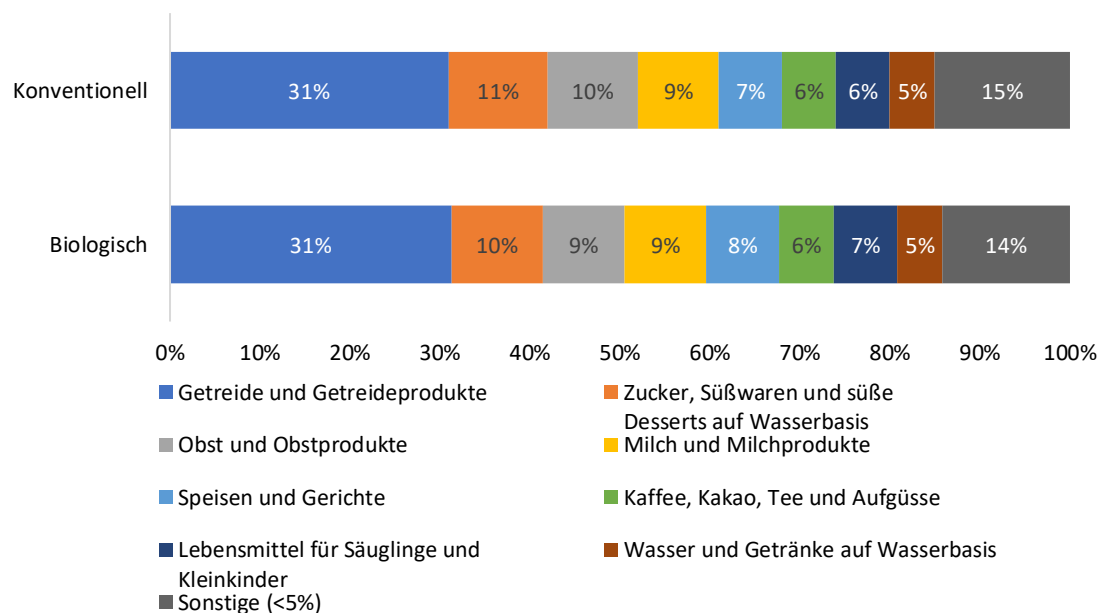


Abbildung 10: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Nickerexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.2.7.4 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Nickel

Die Exposition schöpft den von der EFSA abgeleitete TDI in Höhe von 13 µg/kg KG und Tag bei vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl und unter Berücksichtigung des UB-Ansatzes im Median zu 28 % aus (Tabelle 18). Unter hochexponierten Kindern entspricht die Exposition etwa der Hälfte des TDI. Zwischen Jungen und Mädchen gibt es keine nennenswerten Unterschiede in der Exposition und somit der Ausschöpfung des TDI. Auch über die Altersgruppen ergeben sich kaum Unterschiede in der Exposition, die 26–30 % des TDI entspricht. Es ergibt sich ein Anteil von 1 % der Kinder (N=7), deren Nickerexposition den TDI übersteigt (Tabelle 19). In den verschiedenen Altersgruppen liegt der Anteil an Kindern über dem TDI bei 0–2 %. Die Ergebnisse zur Ausschöpfung und Überschreitung des TDI bei vornehmlich konventioneller Ernährung sind nahezu identisch.

Tabelle 18: Ausschöpfung des TDI von 13 µg/kg KG und Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)
Gesamt	952	23	48	27	52	24	47	28	52
Jungen	481	23	49	27	53	25	50	28	53
Mädchen	471	23	46	26	49	24	45	27	50
0,5–<1 Jahr	57	18	48	23	52	23	45	28	51
1–<3 Jahre	308	25	58	28	60	26	51	30	55
3–<6 Jahre	588	22	46	26	49	23	45	26	48

N: Anzahl Kinder; TDI: Tolerable Daily Intake; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

Tabelle 19: Anzahl (N) und Anteil (%) von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands mit einer Exposition oberhalb des TDI von 13 µg/kg KG und Tag (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)
Gesamt	952	4	0	7	1	6	1	7	1
Jungen	481	1	0	4	1	4	1	4	1
Mädchen	471	3	1	3	1	2	0	3	1
0,5–<1 Jahr	57	0	0	0	0	0	0	0	0
1–<3 Jahre	308	4	1	6	2	5	2	6	2
3–<6 Jahre	588	1	0	1	0	1	0	1	0

N: Anzahl Kinder; TDI: Tolerable Daily Intake; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

3.2.8 Nitrat

Als Bestandteil des Stickstoffkreislaufs ist Nitrat weitverbreitet in der Umwelt. Es ist ein essenzieller Nährstoff für Pflanzen, wobei viele Pflanzen die Fähigkeit besitzen, abhängig vom Standort und von den Anbaubedingungen, große Mengen an Nitrat zu speichern (ATSDR, 2017; EFSA-CONTAM, 2008). Neben dem natürlichen Vorkommen werden die Natrium- und Kaliumsalze von Nitrat als Lebensmittelzusatzstoffe (E251 und E252)

eingesetzt. Als Konservierungsstoff wird es zum Beispiel zum Pökeln von Fleisch oder bei der Herstellung einiger Käsesorten eingesetzt (ATSDR, 2017; EFSA-ANS, 2017).

3.2.8.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Nitrat

1997 wurde eine akzeptable tägliche Aufnahmemenge (Acceptable Daily Intake; ADI) in Höhe von 3,7 mg/kg KG und Tag für die nahrungsbedingte Nitrataufnahme abgeleitet (EC-SCF, 1995/1998). Dieser Wert wurde vom Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA, 2002) und dem EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) (EFSA-ANS, 2017) bestätigt.

3.2.8.2 Nitratgehalte nach Lebensmittelgruppen der BfR-MEAL-Studie

In Vorbereitung der Auswertung der Gehaltsdaten von Nitrat mussten Anpassungen der Ergebnisse durchgeführt werden. Eine Übersicht dieser Anpassungen befindet sich in Anhang A1.

Der Nitratgehalt wurde in 355 Lebensmitteln der BfR-MEAL-Studie bestimmt. Der LOD betrug 0,12 mg/kg und der LOQ 0,37 mg/kg. Für Trinkwasser lag der LOD bei 0,17 mg/kg und der LOQ bei 0,50 mg/kg. Der Anteil an linkszensierten Daten betrug 13 %.

Bei unspezifischer und biologischer Herstellung weisen Lebensmittel der Hauptgruppe „Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze“ mit 142,54 mg/kg (unspezifisch) und 94,44 mg/kg (biologisch) den höchsten Nitratgehalt auf (P50, UB) (Tabelle A-16 und Tabelle A-18). Für konventionell hergestellte Lebensmittel konnten die höchsten Nitratgehalte für „Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus“ nachgewiesen werden (113,22 mg/kg) (Tabelle A-17). Bei unspezifischer Herstellung zeigen „Wasser und Getränke auf Wasserbasis“ mit 0,37 mg/kg den niedrigsten Nitratgehalt. Bei biologischer (0,44 mg/kg) und konventioneller (0,15 mg/kg) Herstellung weisen Lebensmittel der Hauptgruppe „Eier und Eierprodukte“ den niedrigsten Nitratgehalt auf.

Bei Betrachtung der Einzelebensmittel weisen Blattsalat (bis 3.872,70 mg/kg), Radieschen (bis 2.272,72 mg/kg), frische Küchenkräuter (bis 2.055,36 mg/kg) und Spinat (bis 1.284,15 mg/kg) die höchsten Gehalte auf. Diese Lebensmittel sind ausschließlich der Lebensmittelgruppe „Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze“ zuzuordnen und sind für den hohen Nitratgehalt dieser Hauptgruppe verantwortlich. Bei biologischer Erzeugung weist die Lebensmittelhauptgruppe „Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze“ mit 94,44 mg/kg einen höheren medianen Nitratgehalt auf als bei konventioneller Erzeugung (51,06 mg/kg). Dieser Unterschied ist auf den höheren Nitratgehalt einzelner Lebensmittel dieser Hauptgruppe, wie „Karotte“, „Melone“, „Erbsen und Karotten, gemischt“ oder „Küchenkräuter, frisch“, bei biologischer Erzeugung zurückzuführen. Obwohl biologisch angebautes Gemüse erwartungsgemäß einen niedrigeren Nitratgehalt aufweist als konventionell angebautes Gemüse (Nuñez de González et al., 2015), kann es je nach Anbaugebiet, Lichtintensität, Saison, Beschaffenheit des Bodens und Düngung zu erheblichen Schwankungen im Nitratgehalt kommen (Hosseini et al., 2023). Höhere Nitratgehalte bei biologischem Anbau im Vergleich zu konventionellem Anbau wurden beispielsweise für Spinat, Brunnenkresse, Mangold, Blattsalat und Chicorée berichtet (de Martin & Restani, 2003; Martín León & Perez Luzardo, 2020).

3.2.8.3 Nitratexposition über Lebensmittel für Kinder

Die nachfolgende Beschreibung zur Nitrataufnahme über Lebensmittel bezieht sich auf die Ergebnisse im UB. Ergebnisse im mLb-Szenario sind nahezu identisch zu denen im UB-Szenario, weshalb auf die Darstellung der Nitratexposition im mLb verzichtet wird (Tabelle 20).

Kinder, die vornehmlich konventionell erzeugte Lebensmittel verzehren, nehmen im Median (P50) 1,41 mg/kg KG und Tag auf. Bei Hochexponierten (P95) dieser Gruppe beträgt die Nitratexposition 3,35 mg/kg KG und Tag. Zwischen den Geschlechtern ist die Nitratexposition nahezu identisch. Hingegen zeigt der Vergleich der Altersgruppen eine Schwankung der Nitratexposition zwischen 1,23 und 1,76 mg/kg KG und Tag. Bei vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl weisen Jungen und Mädchen eine niedrigere Nitrataufnahme auf. Sie liegt zwischen 1,07 mg/kg KG und Tag für 3–<6-Jährige und 1,39 mg/kg KG und Tag für 1–<3-Jährige.

Tabelle 20: Nitratexposition in mg pro kg Körpergewicht und Tag (mg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in mg/kg KG und Tag			
		Konventionell		Biologisch	
		P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	1,41	3,35	1,18	2,97
Jungen	481	1,42	3,21	1,22	2,97
Mädchen	471	1,40	3,51	1,14	2,93
0,5–<1 Jahr	57	1,67	3,89	1,33	2,83
1–<3 Jahre	308	1,76	3,47	1,39	3,05
3–<6 Jahre	588	1,23	3,10	1,07	2,88

N: Anzahl Kinder

Mit 24 % (konventionelle Lebensmittelauswahl) bzw. 25 % (biologische Lebensmittelauswahl) haben „Speisen und Gerichte“ den größten Anteil an der Nitratexposition von Kindern (Abbildung 11). Es folgen „Getreide und Getreideprodukte“ sowie „Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze“. Den deutlichsten Unterschied zwischen biologischer Ernährung und konventioneller Ernährung gibt es bei Lebensmitteln der Hauptgruppe „Obst und Obstprodukte“. Hier liegt der Anteil bei konventioneller Ernährung (14 %) über dem bei biologischer Ernährung (8 %). Dies kann damit begründet werden, dass besonders häufig verzehrte Lebensmittel (z. B. Äpfel, Bananen, Orangen und Weintrauben) bei konventioneller Erzeugung einen höheren Nitratgehalt aufweisen als bei biologischer Erzeugung.

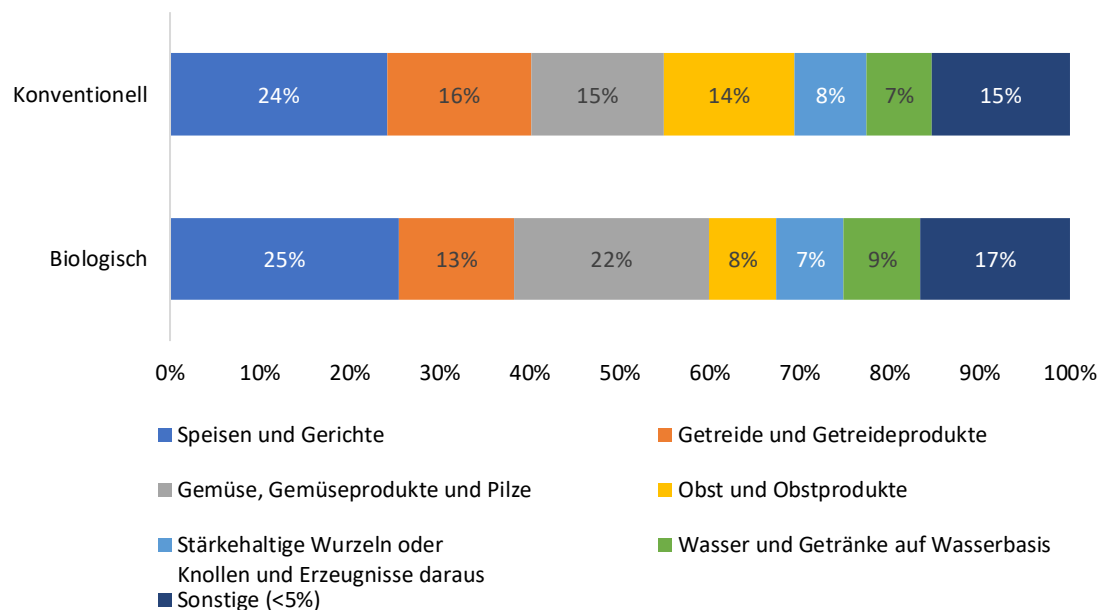


Abbildung 11: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Nitratexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.2.8.4 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Nitrat

Da sich die Ausschöpfung bzw. Überschreitung des HBGV für die lebensmittelbedingte Nitratexposition im mLb und UB nicht unterscheidet, beziehen sich Darstellung und Beschreibung auf die Ergebnisse im UB (Tabelle 21).

Basierend auf einer vornehmlich konventionellen Lebensmittelauswahl schöpft die Exposition von Kindern den ADI in Höhe von 3,7 mg/kg KG und Tag im Median zu 38 % aus. Bei hochexponierten Kindern wird eine Ausschöpfung von 90 % erreicht. Über die Altersgruppen schwankt die durchschnittliche Exposition und entspricht zwischen 33 % und 48 % des ADI. Mit 105 % wird der ADI durch die Exposition von hochexponierten Kindern zwischen einem halben und einem Jahr überschritten. Der Anteil der Kinder, deren Exposition den ADI überschreitet, liegt in dieser Altersgruppe ebenfalls am höchsten (6 %) und nimmt mit zunehmendem Alter ab. Durchschnittlich überschreitet die Exposition von 3 % der Kinder bei vornehmlich konventioneller Ernährung den ADI. Bei vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl wird der ADI zu einem geringfügig niedrigeren Anteil ausgeschöpft.

Tabelle 21: Ausschöpfung (%) des ADI von 3,7 mg/kg KG und Tag durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des ADI (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		Ausschöpfung		Überschreitung		Ausschöpfung		Überschreitung	
		P50 (%)	P95 (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	P50 (%)	P95 (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)
Gesamt	952	38	90	33	3	32	80	26	3
Jungen	481	38	87	15	3	33	80	13	3
Mädchen	471	38	95	18	4	31	79	13	3
0,5–<1 Jahr	57	45	105	3	6	36	76	2	3
1–<3 Jahre	308	48	94	12	4	38	83	8	3
3–<6 Jahre	588	33	84	18	3	29	78	17	3

N: Anzahl Kinder; ADI: Acceptable Daily Intake

3.2.9 Vanadium

Vanadium ist ein weit verbreitetes und, mit einem Anteil von ca. 0,01 % in der Erdkruste, natürlicherweise vorkommendes Element. Vanadium kommt in unterschiedlichen Oxidationsstufen vor. Es findet überwiegend in der Stahlindustrie, in Glasuren für Keramik sowie in der Herstellung supraleitender Magnete Anwendung. Darüber hinaus wird Vanadium einigen Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) zugesetzt (ATSDR, 2012).

Vanadium wird sowohl auf natürlichem Weg, z. B. durch vulkanische Emissionen oder durch Staubpartikel, als auch anthropogen, z. B. durch Öltraffinerien oder durch Kraftwerke, an die Umwelt abgegeben. Die Exposition gegenüber Vanadium erfolgt im Allgemeinen durch Nahrung, Trinkwasser und Atemluft (ATSDR, 2012). Jedoch finden auch Vanadium-haltige Supplemente im Leistungssport Anwendung, was eine bedeutende Vanadiumquelle darstellen kann (EFSA-NDA, 2004).

Die nachfolgende Expositionsschätzung bezieht sich ausschließlich auf die Vanadiumaufnahme aus Lebensmitteln.

Die Gehaltsdaten von Vanadium wurden bereits im Rahmen einer Mitteilung des BfR (BfR, 2025) veröffentlicht und können im [Public Use File](#) eingesehen werden.

3.2.9.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Vanadium

Basierend auf tierexperimentellen Studien an Ratten leitete das Institute of Medicine (IoM) im Jahr 2001 eine Obergrenze für die tägliche Gesamtzufuhr (Tolerable Upper Intake Level; UL) in Höhe von 26 µg/kg KG und Tag für die Aufnahme von Vanadium aus Nahrungsmitteln, Trinkwasser und Supplementen für Erwachsene ab 19 Jahren ab (IoM, 2001). Weitere Organisationen haben Werte zwischen 0,01 und 0,00007 µg/kg KG und Tag abgeleitet (ATSDR, 2012; US EPA, 2009), die sich jedoch zum Teil nicht auf eine alimentäre Aufnahme

beziehen. Aufgrund von unzureichenden Daten konnte die EFSA weder für Erwachsene noch für Kinder einen UL festlegen (EFSA-NDA, 2004).

Da für die betrachtete Population kein geeigneter HBGV zur Verfügung steht, kann kein Abgleich von Exposition und gesundheitsbasiertem Richtwert stattfinden.

3.2.9.2 Vanadiumexposition über Lebensmittel für Kinder

Die Ergebnisse zur Vanadiumexposition sind in Tabelle 22 dargestellt. Die Beschreibung bezieht sich auf die Ergebnisse im UB.

Bei vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl liegt die mediane Vanadiumexposition bei 0,56 µg/kg KG und Tag. Hochexponierte Kinder (P95) mit vornehmlich biologischer Ernährung weisen eine Vanadiumexposition in Höhe von 0,97 µg/kg KG und Tag auf. Zwischen den Geschlechtern gibt es nahezu keinen Unterschied in der Vanadiumexposition. Bei vornehmlich biologischer Ernährung sind Säuglinge (0,5–<1 Jahr) unter den Altersgruppen mit 0,67 µg/kg KG und Tag (P50) am stärksten gegenüber Vanadium exponiert. Die Ergebnisse zur Vanadiumexposition bei vornehmlich konventioneller Ernährungsweise liegen in einer vergleichbaren Größenordnung wie die Ergebnisse zur Vanadiumexposition bei vornehmlich biologischer Ernährungsweise. Der größte Unterschied liegt für die Altersgruppe der Säuglinge (0,5–<1 Jahr) vor. Hier beträgt die mediane Vanadiumexposition 0,58 µg/kg KG und Tag bei vornehmlich konventioneller Lebensmittelauswahl bzw. 0,67 µg/kg KG und Tag bei vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl.

Unterschiede in der Vanadiumexposition zwischen vornehmlich konventioneller und biologischer Ernährungsweise sind überwiegend auf variierende Anteile an Vanadiumgehalten <LOD/LOQ zurückzuführen. Generell führt der hohe Anteil linkszensierter Daten (96 %) zu erheblichen Unsicherheiten bei der Interpretation der Ergebnisse zur Vanadiumexposition.

Tabelle 22: Vanadiumexposition in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in µg/kg KG und Tag							
		Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95	P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	0,04	0,09	0,56	0,93	0,03	0,10	0,56	0,97
Jungen	481	0,04	0,09	0,60	0,90	0,04	0,10	0,59	0,98
Mädchen	471	0,04	0,08	0,54	0,94	0,03	0,10	0,55	0,97
0,5–<1 Jahr	57	0,04	0,11	0,58	0,97	0,04	0,15	0,67	1,16
1–<3 Jahre	308	0,04	0,09	0,63	1,07	0,03	0,10	0,63	1,09
3–<6 Jahre	588	0,04	0,08	0,54	0,83	0,03	0,10	0,54	0,89

N: Anzahl Kinder; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

Sowohl bei vornehmlich konventioneller als auch bei vornehmlich biologischer Ernährung haben die Lebensmittelhauptgruppen „Getreide und Getreideprodukte“, „Wasser und Getränke auf Wasserbasis“ und „Milch und Milchprodukte“ mit 14 % bis 20 % den höchsten Anteil an der Vanadiumexposition. Unter den Lebensmitteln mit dem höchsten Anteil an der Vanadiumexposition befinden sich verschiedene Getränke, wie z. B. „Mineralwasser“, „Kuhmilch“, „Früchtetee (Getränk)“ und „Fruchtsaft, Apfel“. Weiterhin tragen „Säuglingsmilchnahrung (Pulver)“ und vielverzehrt Lebensmittel wie „Apfel“, „Banane“ und „Weißbrot, Brötchen“ vergleichsweise viel zur Vanadiumexposition bei. Der hohe Anteil dieser Lebensmittel an der Vanadiumexposition ist auf den hohen Verzehr zurückzuführen. Für keines der genannten Lebensmittel konnte der Vanadiumgehalt quantifiziert werden.

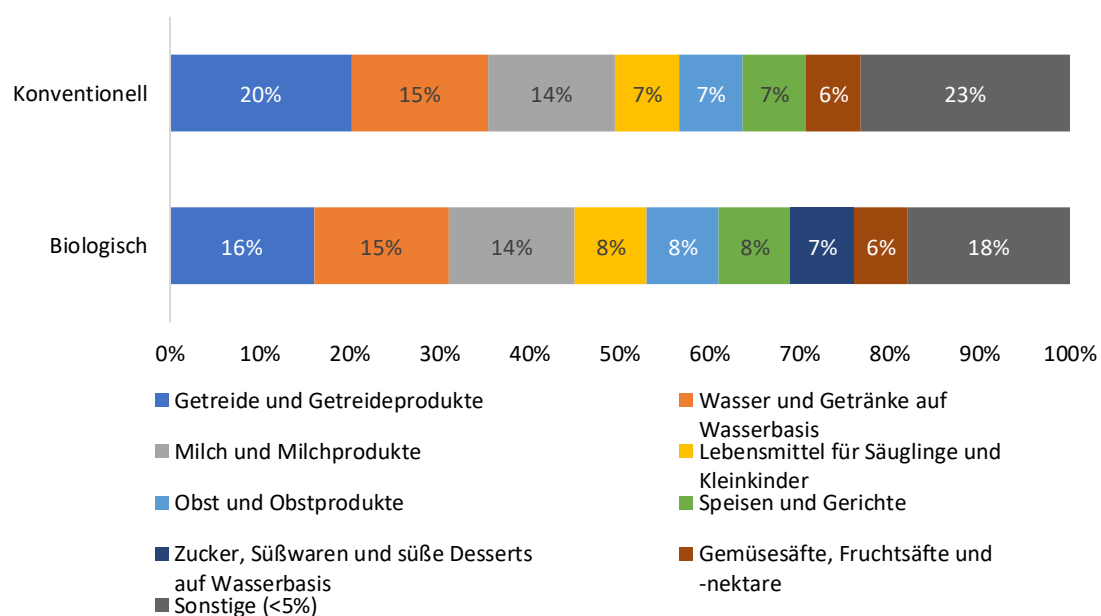


Abbildung 12: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Vanadiumexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3 Nährstoffmodul

Die Stoffe des Nährstoffmoduls können in Vitamine (Vitamin A [Retinol], beta-Carotin, Vitamin K1 und Vitamin K2) Mengenelemente (Calcium, Kalium, Magnesium und Phosphor) und Spurenelemente (Chrom, Jod, Kupfer, Mangan, Molybdän, Selen und Zink) eingeteilt werden. Aufgrund der eingeschränkten Lagerstabilität der Vitamine erfolgte die Probenziehung für die Vitaminanalytik ausschließlich im Raum Berlin. Lebensmittel, die nach Saison oder Art der Erzeugung stratifiziert beprobt wurden, wurden auch im Rahmen der

Vitaminanalytik separat untersucht (Tabelle 23). Für die Bestimmung der Gehalte an Mengenelemente und des Spurenelements Jod standen regionale und saisonale Poolproben zur Verfügung. Da weder ein regionaler noch ein saisonaler Einfluss auf den Gehalt an Mengenelementen zu erwarten war, wurden regionale und saisonale Proben zu jeweils einer repräsentativen Poolprobe zusammengefasst. Da ein Einfluss des Bodens auf den Jodgehalt in Pflanzen bekannt ist und je nach Saison die Lebensmittel aus unterschiedlichen Regionen stammen können, wurden regionale und saisonale Poolproben für Jod separat analysiert. Die zusätzlichen Poolproben von Lebensmitteln aus biologischer Erzeugung wurden bei den Mengenelementen und Jod separat analysiert. Somit entsprach die Probennahme für Jod der der Elemente des Basismoduls (Tabelle 3). Auch für die Spurenelemente Chrom, Kupfer, Mangan, Molybdän, Selen und Zink sowie für Phosphor erfolgte die Probenziehung nach den Vorgaben der Elemente des Basismoduls (Differenzierung nach Region, Saison und Art der Erzeugung).

Tabelle 23: Probenstruktur des Nährstoffmoduls der BfR-MEAL-Studie (Anzahl an Lebensmitteln; Anzahl an Poolproben in Klammern) (modifiziert nach Ptok et al. (2023))

Nr.	Lebensmittelhauptgruppe	Vitamin K	Vitamin A	beta-Carotin	Mengenelemente (exklusive Phosphor)
01	Getreide und Getreideprodukte	40 (58)	40 (58)	40 (57)	40 (55)
02	Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	33 (67)	33 (67)	33 (66)	34 (47)
03	Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	8 (20)	8 (20)	8 (19)	8 (12)
04	Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	20 (24)	20 (24)	20 (24)	20 (24)
05	Obst und Obstprodukte	22 (40)	22 (40)	22 (40)	22 (29)
06	Fleisch und Fleischprodukte	35 (59)	35 (59)	13 (19)	35 (47)
07	Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30 (30)	30 (30)	5 (5)	30 (30)
08	Milch und Milchprodukte	23 (38)	24 (38)	23 (37)	23 (30)
09	Eier und Eierprodukte	2 (4)	2 (4)	2 (4)	2 (4)
10	Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	15 (18)	15 (18)	1 (1)	15 (18)
11	Tierische und pflanzliche Fette und Öle	8 (13)	8 (13)	8 (13)	8 (12)
12	Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	10 (12)	10 (12)	10 (12)	10 (12)
13	Wasser und Getränke auf Wasserbasis	-	-	-	6 (38)
14	Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3 (3)	2 (3)	3 (4)	9 (12)
15	Alkoholische Getränke	-	-	-	8 (11)
16	Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	11 (15)	11 (15)	11 (15)	11 (15)
17	Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	7 (8)	7 (8)	7 (8)	7 (8)
18	Speisen und Gerichte	52 (101)	52 (101)	52 (97)	52 (73)
19	Würzmittel und Soßen	15 (18)	15 (18)	14 (17)	16 (16)
	SUMME	334 (528)	334 (528)	272 (438)	356 (493)

3.3.1 Calcium

In der Umwelt kommt Calcium in gebundener Form vor, zum Beispiel in Kalkstein, Marmor, Kreide, Gips und Mineralien (z. B. Apatit). Als Rohstoff in der Industrie wird Calcium vielfältig angewendet: metallisches Calcium zur Herstellung von Metallen (z. B. Vanadium), Legierungszusatz in Aluminium-, Beryllium-, Kupfer-, Blei- und Magnesiumlegierungen, Herstellung von gebranntem Kalk und in der Stahlherstellung (EFSA-NDA, 2015a).

Mit einem Körperbestand von 1 bis 1,1 kg ist Calcium der mengenmäßig am stärksten vertretene Mineralstoff im menschlichen Organismus. 99 % des im Körper vorkommenden Calciums befinden sich gebunden in Knochen und Zähnen. Des Weiteren spielt Calcium eine wichtige Rolle bei der Reizübertragung in Nerven- und Muskelzellen, im Glykogen-Stoffwechsel, der Zellteilung sowie bei der Aktivierung einiger Enzyme und Hormone (DGE, 2024a; EFSA-NDA, 2015a).

Wichtigster Expositionspfad von Calcium für Kinder ist die Nahrung. Die besten Calciumquellen sind Milch und Milchprodukte, Muttermilch, Säuglingsmilchnahrung, grüne Gemüsesorten (z. B. Brokkoli, Grünkohl), Nüsse und Samen und calciumreiches Mineralwasser (>150 mg/l) (DGE, 2024a; EFSA-NDA, 2015a).

Die Niere ist für die Ausscheidung und Rückresorption von Calcium verantwortlich. Eine Überversorgung führt zu einer erhöhten Ausscheidung von Calcium, was die Bildung von Nierensteinen begünstigt. In Folge einer Niereninsuffizienz setzt sich Calcium in Gefäßen und Weichteilen ab, was zu Gefäßverkalkung führen kann (EFSA-NDA, 2015a).

3.3.1.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Calcium

In Tabelle 24 sind Empfehlungen zur Zufuhr von Calcium der EFSA und der D-A-CH-Ernährungsgesellschaften sowie die tolerierbaren Obergrenzen für die Tageszufuhr (UL) des IoM angegeben (DGE, 2013; EFSA-NDA, 2015a; IoM, 2011).

Die EFSA schätzte die Datenlage als nicht ausreichend ein, um einen UL für Säuglinge und Kinder abzuleiten (EFSA-NDA, 2012). Das Food and Nutrition Board (FNB) des IoM leitete einen UL von 1.500 mg/Tag für Säuglinge (ab 6 Monaten) und 2.500 mg/Tag für Kinder (1–8 Jahre) ab (IoM, 2011). Detaillierte Informationen hierzu sind der BfR-Stellungnahme „Aktualisierte Höchstmengenvorschläge für Vitamine und Mineralstoffe in Nahrungsergänzungsmitteln und angereicherten Lebensmitteln“ zu entnehmen (BfR, 2021a).

Tabelle 24: Referenzzufuhrmengen und UL für Calcium für die Altersgruppen der KiESEL-Studie (mg/Tag) nach (DGE, 2013; EFSA-NDA, 2012, 2015a; IoM, 2011)

Altersgruppe	Referenzzufuhr (mg/Tag)			UL (mg/Tag)	
	DGE (2013)	EFSA-NDA (2015a)		IoM (2011)	EFSA-NDA (2012)
		AI	PRI		
7–11 Monate	330 ^a	280	–	1.500 ^b	nicht definiert
1–3 Jahre	600	–	450	2.500	nicht definiert
4–5 Jahre	750	–	800	2.500	nicht definiert

UL: Tolerable Upper Intake Level; AI: Adequate Intake; PRI: Population Reference Intake

^a 4–<12 Monate (Schätzwert)

^b 6–12 Monate

3.3.1.2 Calciumexposition über Lebensmittel für Kinder

Die nachfolgende Beschreibung zur Calciumexposition über Lebensmittel bezieht sich auf die Ergebnisse im UB. Ergebnisse im mLb-Szenario unterscheiden sich nicht von denen im UB-Szenario, weshalb auf die Darstellung der Calciumexposition im mLb verzichtet wird (Tabelle 25).

In der BfR-MEAL-Studie wurden 493 Lebensmittelpools auf Calcium analysiert. Bei 105 Proben wurde nach biologischer und konventioneller Erzeugung unterschieden. Nachgewiesen wurde Calcium in 99 % (N=489) der Proben mit Ausnahme von Pflanzenöl. Die höchsten Calciumgehalte wurden in den Lebensmittelhauptgruppen „Milch und Milchprodukte“ (2.288 mg/kg), „Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis“ (2.008 mg/kg) und „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ (1.227 mg/kg) gefunden. Der höchste Calciumgehalt in Lebensmitteln wurde in Kaugummi, verschiedenen Käsesorten und Chiasamen nachgewiesen (Schwerbel et al., 2022).

Teilnehmende der KiESEL-Studie, die vornehmlich konventionell erzeugte Lebensmittel verzehren, nehmen im Median (P50) 467 mg/Tag an Calcium auf. Bei hochexponierten Kindern dieser Gruppe (P95) beträgt die Calciumexposition 765 mg/Tag. Die höchste Exposition haben hochexponierte Säuglinge mit 960 mg/Tag (konventionelle Lebensmittelauswahl) bzw. 967 mg/Tag (biologische Lebensmittelauswahl). Während die Calciumexposition im Median zwischen den Geschlechtern nahezu identisch ist, zeigt sich bei den Hochexponierten, dass Jungen mehr Calcium aufnehmen (814 mg/Tag) als Mädchen (723 mg/Tag). Bei vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl weisen Jungen und Mädchen eine höhere Calciumexposition, sowohl im Median (484 mg/Tag) als auch für die hochexponierte Gruppe (795 mg/Tag), auf. Der Vergleich der Altersgruppen zeigt eine Schwankung der Calciumexposition im Median zwischen 452 und 497 mg/Tag. Eine Auswertung des Max Rubner-Institutes zur Nährstoffaufnahme von Kindern der KiESEL-Studie hat gezeigt, dass Kinder im Alter von drei bis fünf Jahren 67–77 % des Dietary Reference Value (DRV) von Calcium aufnehmen. Bei Jungen dieser Altersgruppe entspricht dies im Median 519 mg/Tag und bei Mädchen 485 mg/Tag. Dabei ist zu beachten, dass

sowohl die Calciumexposition über Lebensmittel als auch über NEM analysiert wurde (Burgard et al., 2023). Die vorliegende Analyse zur Exposition ohne NEM zeigt in der Altersgruppe von 3 bis <6 Jahren nahezu identische Werte im Median (484 mg/Tag konventionell; 497 mg/Tag biologisch). Als Datengrundlage für die Nährstoffe der Lebensmittel wurden in KiESEL alle Daten mit dem BLS (Bundeslebensmittelschlüssel) 3.02 codiert.

Die Exposition von Calcium über NEM der Teilnehmenden der KiESEL-Studie wurde sowohl über den eingesetzten Fragebogen während des Hausbesuchs als auch über das Ernährungstagebuch erfasst. Im Fragebogen gaben zehn Eltern an, ihren Kindern regelmäßig Calcium zu verabreichen. Die Auswertung der Ernährungstagebücher hat gezeigt, dass 14 (N=8) Verzehrereignisse über Multinährstoffpräparate, Mononährstoffpräparate und Kombipräparate aus Calcium und einem weiteren Nährstoff vorliegen. Die Dosierung von Calcium betrug zwischen 70 und 750 mg/Tag. Der Verzehr von Calcium über NEM wurde anhand einer Supplementdatenbank ausgewertet. Weitere Information können Appel et al. (2021) entnommen werden.

Tabelle 25: Calciumexposition in mg pro Tag (mg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in mg/Tag			
		Konventionell		Biologisch	
		P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	467	765	484	795
Jungen	481	490	814	505	840
Mädchen	471	458	723	456	745
0,5–<1 Jahr	57	465	960	452	967
1–<3 Jahre	308	452	783	464	837
3–<6 Jahre	588	484	755	497	783

N: Anzahl Kinder

Mit 45 % (konventionelle Lebensmittelauswahl) bzw. 48 % (biologische Lebensmittelauswahl) haben „Milch und Milchprodukte“ den größten Anteil an der Exposition gegenüber Calcium (Abbildung 13). Es folgen „Getreide und Getreideprodukte“ sowie „Wasser und wasserbasierte Getränke“.

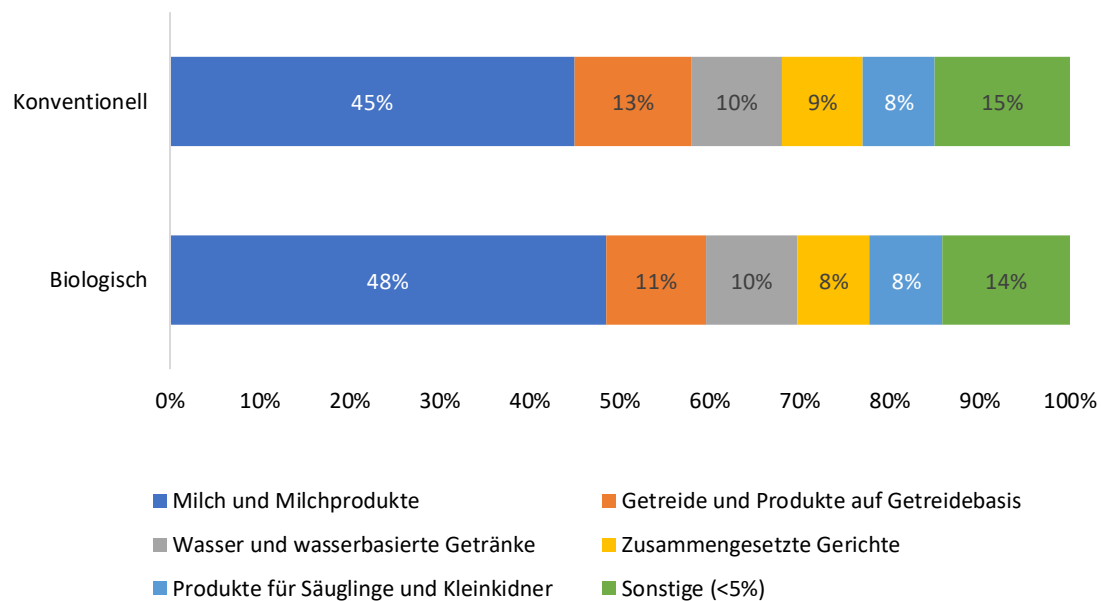


Abbildung 13: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Calciumexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.1.3 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Calcium

Da sich die Ausschöpfung bzw. Überschreitung des HBGV für die lebensmittelbedingte Calciumexposition im mLb und UB nicht unterscheidet, bezieht sich die Darstellung und Beschreibung auf die Ergebnisse im UB (Tabelle 26).

Basierend auf einer vornehmlich konventionellen Lebensmittelauswahl schöpfen Kinder den UL im Median zu 19 % aus. Hochexponierte Kinder erreichen eine Ausschöpfung von 33 %. Wobei die Ausschöpfung im Median zwischen den Altersgruppen bei 18 bis 31 % liegt. Zwischen biologischer und konventioneller Lebensmittelauswahl sind nur geringe Unterschiede zu verzeichnen. Die höchste Ausschöpfung unter den hochexponierten Kindern haben Säuglinge (0,5–<1 Jahr) mit 64 %. Zwischen den Geschlechtern gibt es ebenfalls nur geringe Unterschiede, wobei Jungen bei konventioneller und biologischer Ernährungsweise sowohl im Median als auch im P95 den UL stärker ausschöpfen als Mädchen. Kein Kind in der KiESEL-Studie überschreitet den UL von 1.500 bzw. 2.500 mg/Tag.

Tabelle 26: Ausschöpfung des UL von 2.500 bzw. 1.500 mg/Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell		Biologisch	
		P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)
Gesamt	952	19	33	20	35
Jungen	481	20	36	20	37
Mädchen	471	19	31	19	33
0,5–<1 Jahr ^a	57	31	64	30	64
1–<3 Jahre ^b	308	18	31	19	33
3–<6 Jahre ^b	588	19	30	20	31

N: Anzahl Kinder; UL: Tolerable Upper Intake Level

^a UL=1.500 mg/Tag

^b UL=2.500 mg/Tag

3.3.2 Chrom

Chromverbindungen existieren in unterschiedlichen Oxidationsstufen, wobei dreiwertiges Chrom (Cr(III)) als natürlicher Bestandteil in zahlreichen Lebensmitteln vorkommt. Lange galt Cr(III) als essenzielles Spurenelement, da jedoch der Wirkmechanismus nicht abschließend geklärt ist, wird von der EFSA keine Empfehlung für eine angemessene Zufuhr von Cr(III) herausgegeben (EFSA-NDA, 2014a). Cr(VI) ist im Vergleich zu Cr(III) besser bioverfügbar und besitzt ein hohes toxisches Potenzial. Es entsteht vor allem durch industrielle Prozesse und ist in kontaminiertem Trinkwasser enthalten (EFSA-CONTAM, 2014). Da Cr(VI)-Verbindungen nicht stabil sind und spontan reduziert werden, kommen sie als natürlicher Bestandteil in Lebensmitteln praktisch nicht vor (BfR, 2004).

Die Gehaltsdaten von Chrom sind in der Publikation von Stadion et al. (2024) dargestellt.

3.3.2.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Chrom

Die EFSA leitete eine tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (TDI) von 300 µg Cr(III)/kg KG und Tag ab (EFSA-CONTAM, 2014).

Das ANS der EFSA schlussfolgerte, dass durch den Zusatz von Chrom(III) als Nährstoff zu Lebensmitteln des allgemeinen Verzehrs, NEMs und Lebensmitteln für besondere Ernährungszwecke keine gesundheitlichen Bedenken bestehen, sofern die Chrom(III)-Aufnahme aus diesen Quellen 250 µg/Tag nicht überschreitet; dies entspricht dem von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) festgelegten Wert für die zusätzliche Aufnahme von Chrom, der nicht überschritten werden sollte (EFSA-ANS, 2010).

3.3.2.2 Chromexposition über Lebensmittel für Kinder

Die Gesamtexposition gegenüber Chrom wird in Tabelle 27 im mLB und UB dargestellt. Unterschiede im Szenario der konventionellen und biologischen Lebensmittelauswahl sind dabei minimal. Trotz eines Anteils von 27 % linkszensierter Daten sind Differenzen zwischen

dem mLb- und UB-Szenario gering. Die mediane Chromexposition liegt bei 1,6 und im P95 bei 2,9 µg/kg KG und Tag (biologisch, UB). Im Vergleich zwischen Mädchen und Jungen ist die Chromzufuhr nahezu identisch.

Tabelle 27: Chromexposition in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in µg/kg KG und Tag							
		Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95	P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	1,3	2,4	1,5	2,7	1,3	2,5	1,6	2,9
Jungen	481	1,3	2,5	1,6	2,7	1,4	2,6	1,6	2,9
Mädchen	471	1,3	2,4	1,5	2,8	1,3	2,5	1,6	2,9
0,5–<1 Jahr	57	1,2	2,0	1,4	2,2	1,4	2,3	1,7	2,7
1–<3 Jahre	308	1,5	2,7	1,7	3,0	1,5	3,0	1,8	3,4
3–<6 Jahre	588	1,3	2,2	1,5	2,5	1,3	2,3	1,5	2,6

N: Anzahl Kinder; mLb: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

Die Chromexposition ist durch verschiedene Lebensmittelhauptgruppen bedingt. Den größten Anteil haben „Getreide und Getreideprodukte“, gefolgt von „Obst und Obstprodukten“ (Abbildung 14). Bei Betrachtung auf Lebensmittelebene tragen neben „Trockenfrüchten“ besonders kakaohaltige Produkte zur Exposition bei. Diese gehören im Vergleich auch zu den Lebensmitteln mit den höchsten Chromgehalten (z.B. „Kakaopulver“, „Zartbitterschokolade, Bitterschokolade“).

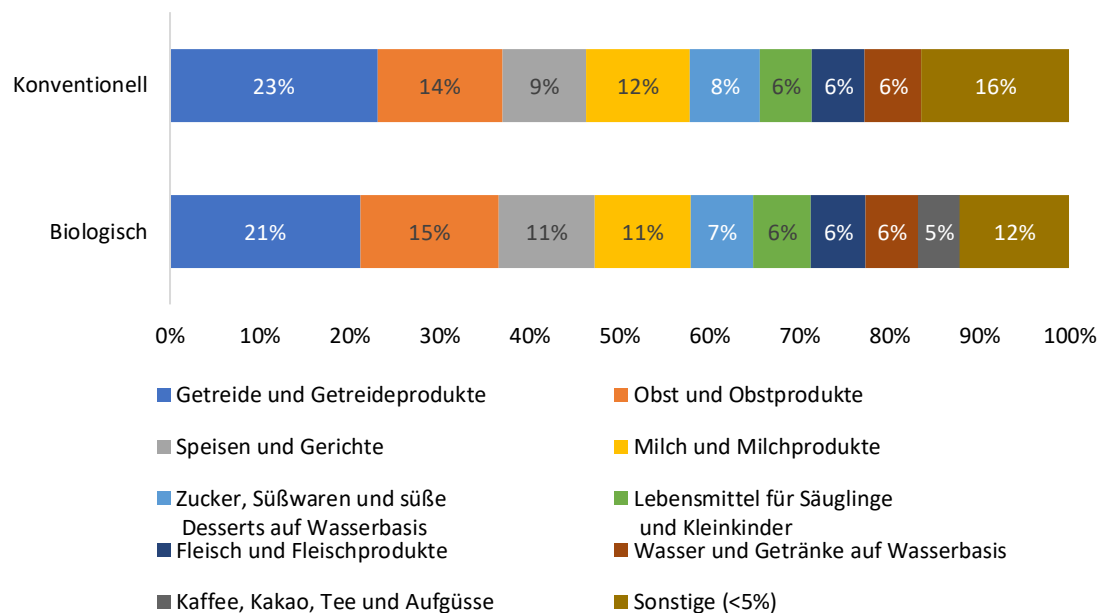


Abbildung 14: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Chromexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.2.3 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Chrom

Unter der Annahme, dass es sich bei dem gesamten gemessenen Chrom um Cr(III) handelt, wird der TDI von 300 µg/kg KG und Tag zu maximal 1 % ausgeschöpft. Dementsprechend kommt es zu keiner Überschreitung des TDIs für Cr(III) durch die Chromzufuhr über Lebensmittel.

Tabelle 28: Ausschöpfung des TDI von 300 µg/kg KG und Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands bei Annahme von 100 % Cr(III) (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)
Gesamt	952	0	1	1	1	0	1	1	1
Jungen	481	0	1	1	1	0	1	1	1
Mädchen	471	0	1	1	1	0	1	1	1
0,5–<1 Jahr	57	0	1	0	1	0	1	1	1
1–<3 Jahre	308	0	1	1	1	1	1	1	1
3–<6 Jahre	588	0	1	0	1	0	1	1	1

N: Anzahl Kinder; TDI: Tolerable Daily Intake; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

3.3.3 Jod

Im Zuge der Bewertung der Nationalen Reduktions- und Innovationsstrategie für Zucker, Fette und Salz in Fertigprodukten (NRI) des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) hinsichtlich einer gleichsam verringerten Jodzufuhr veröffentlichte das BfR bereits zwei Stellungnahmen zur Jodexposition bei Erwachsenen (BfR, 2021c) und bei Kindern und Jugendlichen (BfR, 2022b). Im Folgenden werden die wichtigsten Punkte zur Exposition bei Kindern (KiESEL-Studie) und des Vergleichs mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Jod (UL; SCF (2002/2006)) zusammengefasst.

Jod wurde im Nährstoffmodul der BfR-MEAL-Studie in allen 356 Lebensmitteln der MEAL-Lebensmittelliste untersucht. Die in der MEAL-Studie auf Jod analysierten 840 Lebensmittelpools enthalten (entsprechend ihres Marktanteiles) auch industriell und handwerklich hergestellten Produkte (im Folgenden als kommerzielle Lebensmittel bezeichnet), die mit Jodsalz hergestellt wurden. Für die Herstellung von Mahlzeiten und Speisen in der MEAL-Studienküche wurde jedoch kein Jodsalz verwendet (BfR, 2022b).

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse wurden mit dem UB-Ansatz gerechnet und in dem Szenario für vornehmlich konventionelle Lebensmittelauswahl. Zwischen den Ergebnissen im UB- und dem mLB-Ansatz besteht nur ein marginaler Unterschied (BfR, 2022b). Unterschiede in der Jodexposition bei einer vornehmlichen Auswahl von biologisch erzeugten Lebensmitteln gegenüber einer Auswahl von konventionell erzeugten Lebensmitteln sind im Anhang der Stellungnahme des BfR (2022b) aufgeführt.

3.3.3.1 Jodexposition über Lebensmittel sowie Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Jod

In Tabelle 29 und Tabelle 30 sind die Jodexposition sowie die Anzahl und der Anteil der Studienteilnehmenden berechnet, die den jeweiligen UL überschreiten. Die Jodexposition „ohne Jodsalz im Haushalt (HH)“ beinhaltet den Jodeintrag aus industriell und handwerklich hergestellten Lebensmitteln, bei denen Jodsalz verwendet wurde. Nicht enthalten ist der Eintrag durch Zusalzen im Haushalt. Dieser Eintrag konnte basierend auf Annahmen in der Gruppe der 3–<6-Jährigen zugerechnet werden („mit Jodsalz HH“). Die höchste Jodexposition zeigt im Median und P95 die Altersgruppe der 0,5–<1-Jährigen. Ein UL wurde für diese Altersgruppe allerdings nicht abgeleitet. Die höchste Ausschöpfung haben 3–<6-Jährige Kinder, allerdings überschritt keines der Kinder den UL. Nur in der Altersgruppe der 1–<3-Jährigen überschreiten zwei Kinder (ca. 1 %) den UL. Diese Altersgruppe hat eine Ausschöpfung von 35 %. Eine Verwendung von jodhaltigen NEM wurde bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

Tabelle 29: Jodexposition in µg pro Tag (µg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands ohne und mit Verwendung von Jodsalz im Haushalt (HH) bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder) (BfR (2022b); Tabelle 8)

	N	Exposition in µg/Tag (konventionelle Lebensmittelauswahl)	
		P50	P95
0,5–<1 Jahr, ohne Jodsalz HH	57	86,6	192,9
1–<3 Jahre, ohne Jodsalz HH	308	69,5	118,7
3–<6 Jahre, ohne Jodsalz HH	588	75,0	121,3
3–<6 Jahre, mit Jodsalz HH	588	85,0	132,3

N: Anzahl Kinder

Tabelle 30: Ausschöpfung (%) des UL von 200 bzw. 250 µg/Tag durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des UL ohne und mit Verwendung von Jodsalz im Haushalt (HH) bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder) (BfR (2022b); Tabelle 8)

	N	UL (µg/Tag)	Ausschöpfung		Überschreitung	
			P50 (%)	P95 (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)
0,5–<1 Jahr ohne Jodsalz HH	57	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
1–<3 Jahre ohne Jodsalz HH	308	200	35	59	2	1
3–<6 Jahre ohne Jodsalz HH	588	200 / 250 ^a	38 / 30	61 / 49	0	0
3–<6 Jahre mit Jodsalz HH	588	200 / 250 ^a	43 / 34	66 / 53	0	0

N: Anzahl Kinder; UL: Tolerable Upper Intake Level; n.b.: nicht bestimmt

^a innerhalb der Altersgruppen wurden altersentsprechende UL zugeordnet; für 1 bis 3 Jahre wurde ein UL von 200 µg/Tag und für 4 bis 6 Jahre ein UL von 250 µg/Tag festgelegt

„Milch und Milchprodukte“, „Getreide und Getreideprodukte“ sowie „Speisen und Gerichte“ sind für über 50 % der Gesamtjodexposition verantwortlich (ohne Berücksichtigung der Verwendung von Jodsalz im Haushalt) (Abbildung 15).

Aufgrund seiner Bewertungen kommt das BfR daher zu dem Schluss, dass der UL durch die normale Ernährung nicht überschritten wird, sodass die angestrebte rückläufige Salzzufuhr über kommerziell hergestellte Lebensmittel mit einer Erhöhung des Jodgehaltes in Salz entgegengewirkt werden kann, bei gleichzeitig geringem Risiko einer zu hohen Jodaufnahme beim gegenwärtigen Verwendungsgrad von Jodsalz. Zum Schutz besonders vulnerabler Personengruppen vor einer Unterversorgung ist eine alleinige Erhöhung des Jodgehaltes im Salz um 5 mg/kg ohne Steigerung des Verwendungsgrades von Jodsalz in kommerziell hergestellten Lebensmitteln allerdings nicht sachgerecht (BfR, 2022b).

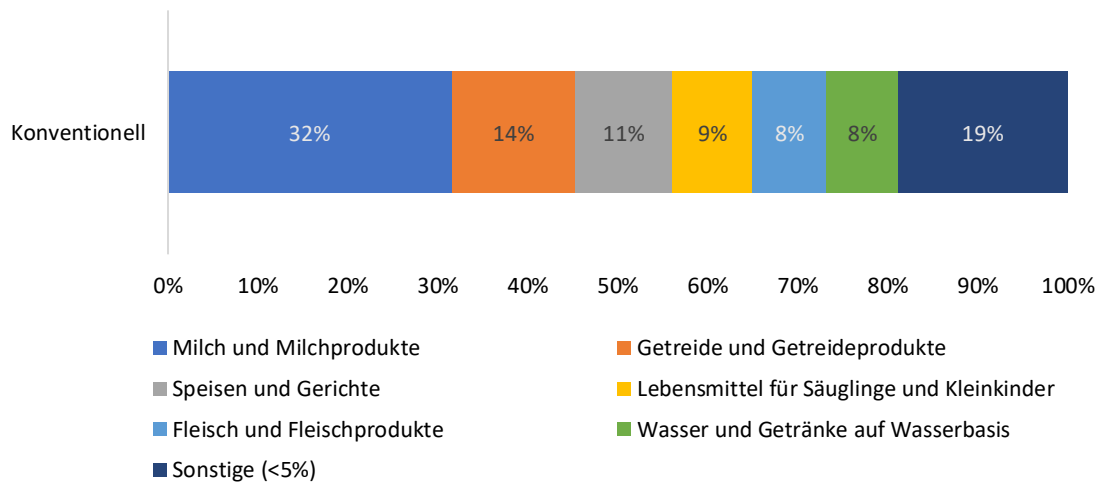


Abbildung 15: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Jodexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.4 Kalium

Kalium kommt in der Natur als Kation in Kaliumverbindungen vor, z. B. in kaliumhaltigen Mineralien. Des Weiteren findet Kaliumchlorid als Düngemittel in der Landwirtschaft Verwendung. In der Lebensmittelindustrie sind Kaliumverbindungen als Zusatzstoffe für Festigungsmittel, Geschmacksverstärker, Trennmittel, Säureregulator und Backtriebmittel (z. B. E326, E340, E508 und E515) zugelassen (VO EG-1333/2008). Kalium kommt in nahezu allen Lebensmitteln sowie in Muttermilch vor (EFSA-NDA, 2016).

Kalium ist ein essenzielles Mengenelement im Körper. Es gehört gemeinsam mit Natrium und Chlorid zu den wichtigsten Elektrolyten. Als intrazelluläres Kation ist Kalium an den osmotischen Prozessen in jeder Zelle beteiligt. Dazu gehören u. a. die Reizweiterleitung von Nervenimpulsen (z. B. Reizleitung des Herzens), Regulation des Blutdrucks und des Säure-Base-Gleichgewichtes. Des Weiteren beeinflusst Kalium die Hormonsekretion (z. B. Insulin aus den Beta-Zellen) und reguliert die Glycogen- und Proteinsynthese (EFSA-NDA, 2016).

3.3.4.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Kalium

Die EFSA kam zu dem Schluss, dass die Datenlage zur Ableitung einer Obergrenze für die tägliche chronische Gesamtzufuhr (UL) nicht ausreicht (EFSA-NDA, 2005a).

In Tabelle 31 sind Empfehlungen zur Zufuhr von Kalium der EFSA und der D-A-CH-Ernährungsgesellschaften angegeben (EFSA-NDA, 2016; Strohm et al., 2017). Für die angemessenen täglichen Aufnahmemengen (Adequate Intake; AI) von Kalium für Säuglinge, Kleinkinder und Kinder wurden Referenzwerte aus den AI für Erwachsene extrapoliert (EFSA-NDA, 2016).

Tabelle 31: Referenzzufuhrmengen für Kalium für die Altersgruppen der KiESEL-Studie (mg/Tag) nach Strohm et al. (2017) und EFSA-NDA (2016)

Altersgruppe	Referenzzufuhr nach D-A-CH (mg/Tag) ^a	Referenzzufuhr nach EFSA (mg/Tag) ^b
4–<12 Monate	600	750 (7–11 Monate)
1–<4 Jahre	1.100	800 (1–3 Jahre)
4–<6 Jahre	1.300	1.100 (4–6 Jahre)

^a Schätzwerte

^b Adequate Intake (AI)

3.3.4.2 Kaliumexposition über Lebensmittel für Kinder

Die Kaliumzufuhr liegt im Median bei 1.390 mg/Tag (konventionelles Szenario) und 1.417 mg/Tag (biologisches Szenario) (Tabelle 32). Bei hochexponierten Kindern (P95) liegt die Exposition bei 2.104 mg/Tag (konventionelles Szenario) und 2.144 mg/Tag (biologisches Szenario). Sowohl im P50 als auch im P95 erreichen Kinder ab 3 Jahren die höchste Exposition, unabhängig davon, ob sie sich vornehmlich konventionell oder biologisch ernähren. Auch lässt sich feststellen, dass es nur minimale Unterschiede zwischen vornehmlich konventioneller und vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl gibt. Hinsichtlich der Geschlechterverteilung zeigt sich, dass Jungen eine höhere Kaliumexposition aufweisen als Mädchen. Weitere Analysen zur Nährstoffaufnahme von Teilnehmenden der KiESEL-Studie wurden vom Max Rubner-Institut vorgenommen und können in der Publikation von Burgard et al. (2023) eingesehen werden. Als Datengrundlage für die Nährstoffe der Lebensmittel wurden in KiESEL alle Daten mit dem BLS 3.02 codiert. NEM mit Kalium wurden in dieser Exposition und in der Supplementdatenbank nicht berücksichtigt, siehe Appel et al. (2021).

Tabelle 32: Kaliumexposition in mg pro Tag (mg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in mg/Tag			
		Konventionell		Biologisch	
		P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	1.390	2.104	1.417	2.144
Jungen	481	1.441	2.190	1.447	2.197
Mädchen	471	1.361	2.053	1.382	2.087
0,5–<1 Jahr	57	1.098	1.699	1.096	1.759
1–<3 Jahre	308	1.240	2.054	1.271	2.095
3–<6 Jahre	588	1.494	2.190	1.510	2.175

N: Anzahl Kinder

493 Lebensmittelpools der BfR-MEAL-Studie wurden auf ihren Gehalt an Kalium analysiert. Bei 105 Samples konnte nach biologischer Erzeugung oder konventioneller Erzeugung unterschieden werden. Nachgewiesen wurde Kalium in 99 % (N=490) der Proben. Die Gehaltsdaten von Kalium wurden bereits im Rahmen einer Publikation veröffentlicht ([Schwerbel et al., 2022](#)) und können im [Public Use File](#) der BfR-MEAL-Studie eingesehen werden.

Die Kaliumexposition erfolgt bei Säuglingen und Kindern über folgende Lebensmittelhauptgruppen: „Milch und Milchprodukte“, „Getreide und Produkte auf Getreidebasis“ und „Obst und Obstprodukte“ (Abbildung 16). Dabei ist die Exposition über vornehmlich konventionelle und vornehmlich biologische Lebensmittel nahezu identisch.

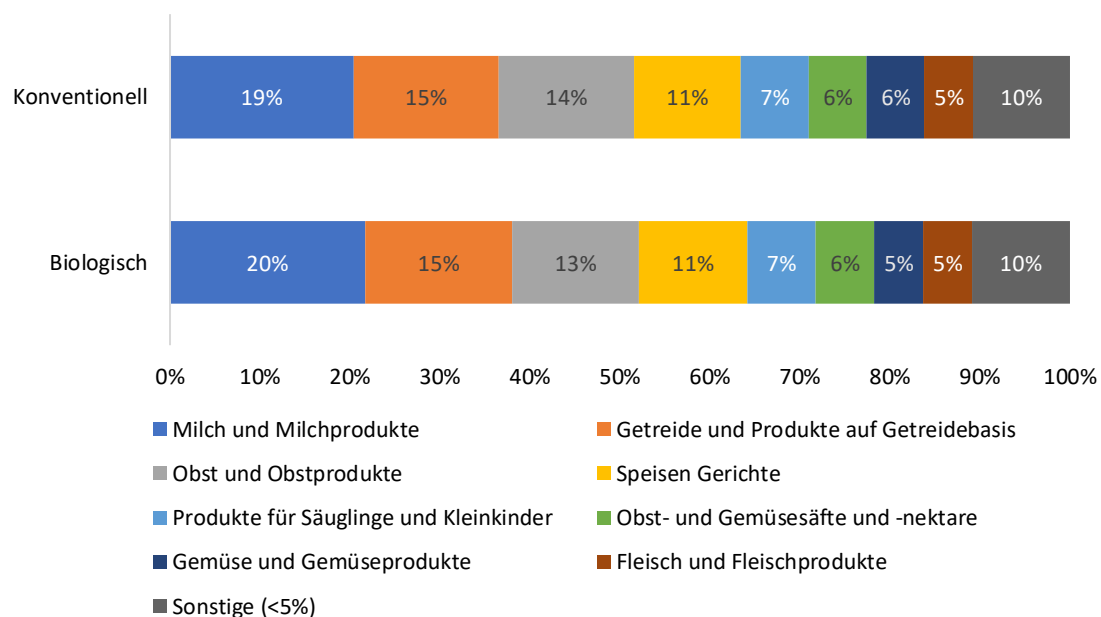


Abbildung 16: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Kaliumexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.5 Kupfer

Kupfer ist ein Schwermetall und kommt in den Böden je nach geologischen Gegebenheiten natürlicherweise in unterschiedlichen Konzentrationen vor. Durch landwirtschaftliche Nutzung können die natürlichen Konzentrationen in bestimmten Regionen wie Wein- oder Obstanbaugebieten entsprechend erhöht sein, wenn dort kupferhaltige Pflanzenschutz- oder Düngemittel ausgebracht werden oder Kupfer-imprägniertes Holz, z. B. als Pfähle, eingesetzt wird. Auch in der Umgebung der kupferverarbeitenden Industrie können lokal erhöhte Kupfergehalte im Boden auftreten.

Als Spurenelement ist Kupfer in geringen Mengen als Bestandteil bestimmter Proteine und Kofaktoren für Mensch, Tier und Pflanzen lebensnotwendig. Da es vom Körper nicht selbst gebildet werden kann, muss es über die Nahrung aufgenommen werden. Allerdings können zu hohe Aufnahmemengen von Kupfer insbesondere längerfristig zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Zudem ist es als Schwermetall nicht abbaubar und hat daher die Tendenz, sich bei Verwendung z. B. in Böden anzureichern (BfR, 2024b).

Als einer der wenigen Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe kann Kupfer auch im ökologischen Landbau eingesetzt werden und ist daher von besonderer Bedeutung (VO EG-889/2008; VO EU-2018/848) bei der Differenzierung verschiedener Ernährungsweisen (Kolbaum et al., 2023b).

3.3.5.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Kupfer

Als Bestandteil vieler Proteine und Enzyme ist Kupfer an vielen lebensnotwendigen Prozessen im Körper beteiligt. Kupfer ist ein essenzielles Spurenelement und muss somit über die Nahrung zugeführt werden. In zu hohen Mengen kann es jedoch die Gesundheit schädigen, wobei Leberschäden im Vordergrund stehen, die insbesondere bei Kindern mit noch nicht ausgereifter biliärer Ausscheidungskapazität beobachtet worden sind. Daher leitete die EFSA einen ADI von 0,07 mg/kg KG und Tag für Kupfer ab (EFSA-SC, 2023). Aufgrund des im Wachstum erhöhten Kupferbedarfs schätzt die EFSA das Auftreten gesundheitlicher Schäden durch die zunehmende Kupferexposition mit der Nahrung auch bei Kindern als unwahrscheinlich ein (EFSA-SC, 2023).

3.3.5.2 Kupfergehalte nach Lebensmittelgruppen der BfR-MEAL-Studie

Kupfer wurde in allen 356 MEAL-Lebensmitteln des Nährstoffmoduls gemessen. Die Gehaltsdaten sowie Schätzungen zur Exposition wurden bereits in Kolbaum et al. (2023b) veröffentlicht und diskutiert. Bezogen auf 840 MEAL-Pools konnte in 19 Pools kein Kupfer quantifiziert bzw. detektiert werden (Anteil Ergebnisse <LOD/LOQ: 2 %). Dies betraf die meisten Proben aus der Lebensmittelhauptgruppe „Tierische und pflanzliche Fette und Öle“ sowie einige Proben aus den Gruppen „Wasser und Getränke auf Wasserbasis“ und „Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis“. Einzeldaten sind im [Public Use File](#) veröffentlicht. Insgesamt zeigt der relativ weite Bereich zwischen Minimum und Maximum der Kupfergehalte innerhalb der verschiedenen Lebensmittelhauptgruppen die hohe Variabilität von Kupfer in den verschiedenen MEAL-Pools. Mit Gehalten zwischen 88,2 mg/kg und 73 mg/kg wurde am meisten Kupfer in Rinder- bzw. Schafleber gefunden. Diese Werte sind ebenfalls ausschlaggebend für den vergleichsweise hohen Lebensmittelhauptgruppenmittelwert von „Fleisch und Fleischprodukten“. Weiterhin zeigen „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ sowie „Getreide und Getreideprodukte“ im Vergleich höhere mediane Kupfergehalte (Tabelle A-19 bis Tabelle A-21). Zudem wird aus dem Vergleich zwischen biologischen und konventionellen Lebensmittelproben ersichtlich, dass biologisch hergestellte Lebensmittel tendenziell etwas höhere Kupfergehalte aufweisen. Diese Unterschiede bewegen sich jedoch in eher geringen Größenordnungen zwischen 0,1 und 0,2 mg/kg. Auch auf Lebensmittelebene betrachtet ergibt sich ein Bild, in dem biologisch hergestellte Lebensmittel tendenziell höhere Kupfergehalte aufweisen. Auch diese Unterschiede sind eher gering und bewegen sich in einem Bereich von i.d.R. unter 1 mg/kg (Kolbaum et al., 2023b).

3.3.5.3 Kupferexposition über Lebensmittel für Kinder

Aufgrund des geringen Anteils an Werten <LOD/LOQ gibt es kaum Unterschiede zwischen der Exposition im mLb- und UB-Szenario. Im Folgenden wird daher nur Bezug auf das mLb-Szenario genommen. Langfristig nehmen Kinder (Gesamt) im Median zwischen 0,04 (konventionelles Szenario) und 0,05 mg (biologisches Szenario) Kupfer pro kg Körpergewicht zu sich. Hochexponierte (P95) nehmen in beiden Szenarien zwischen 0,09 mg/kg Körpergewicht auf (Tabelle 33). Säuglinge und Kleinkinder (0,5–<1 Jahr) zeigen dabei die höchste Kupferexposition. Im Vergleich zwischen vornehmlich biologischer oder konventioneller Lebensmittelauswahl nehmen Kinder mit vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl in allen Altersgruppen ca. 10 % mehr Kupfer auf, was quantitativ allerdings nur eine zusätzliche Exposition von ca. 0,01 mg/kg Körpergewicht ausmacht (Kolbaum et al., 2023b).

„Getreide und Getreideprodukte“ sind mit ca. 30 % die Hauptquelle für die Kupferexposition in beiden Szenarien. Zusammen mit „Wasser und Getränke auf Wasserbasis“ und „Obst und Obstprodukte“ machen sie ca. 50 % der Kupferzufuhr aus (Abbildung 17). Auf Lebensmittelebene betrachtet leisten vor allem „Säuglingsmilchnahrung“, „Cashewnüsse“ und „Sojadrink“ einen großen Anteil zur Kupferexposition. „Cashewnüsse“ weisen in der Gruppe „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ den maximalen Gehalt auf (22,5 mg/kg), sodass bei Verzehr eine hohe Exposition zu erwarten ist. „Säuglingsmilchnahrung“ (3,1 mg/kg) und „Sojadrink“ (1,3 mg/kg) haben eher moderate Kupfergehalte. Hier kann davon ausgegangen werden, dass die hohe Verzehrsmenge ausschlaggebend ist.

Tabelle 33: Kupferexposition in mg pro kg Körpergewicht und Tag (mg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in mg/kg KG und Tag							
		Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95	P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	0,04	0,09	0,04	0,09	0,05	0,09	0,05	0,09
Jungen	481	0,04	0,08	0,05	0,08	0,05	0,09	0,05	0,09
Mädchen	471	0,04	0,09	0,04	0,09	0,05	0,09	0,05	0,09
0,5–<1 Jahr	57	0,07	0,11	0,07	0,11	0,08	0,11	0,08	0,11
1–<3 Jahre	308	0,05	0,10	0,05	0,10	0,06	0,10	0,06	0,10
3–<6 Jahre	588	0,04	0,07	0,04	0,07	0,04	0,07	0,04	0,07

N: Anzahl Kinder; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

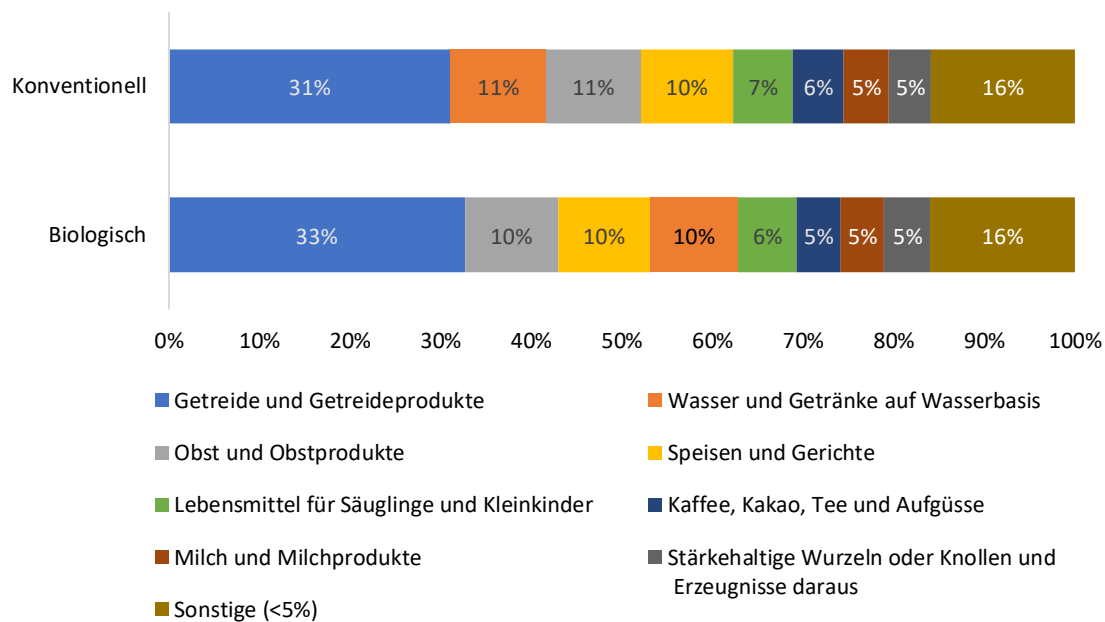


Abbildung 17: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Kupferexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.5.4 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Kupfer

Insgesamt wird der ADI von Kindern im Median zu 64 % bis 68 % ausgeschöpft. Die Altersgruppe 0,5–<1 Jahr schöpft den ADI mit 105 % bereits im Median vollständig aus. Im 95. Perzentil wird der ADI zu 123 % bis 128 % (mLB) ausgeschöpft (Tabelle 34). 120 (konventionelles Szenario) bzw. 136 Kinder (biologische Szenario) überschreiten den ADI (mLB) (Tabelle 35). Anteilig schöpfen 0,5- bis <1-Jährige den ADI am meisten aus. 36 bzw. 37 von 57 Individuen (63 % bzw. 64 %) überschreiten den ADI in dieser Altersgruppe. Diese Überschreitung bewegt sich allerdings im Bereich der berechneten Kupferzufuhr für Kinder im europäischen Raum (EFSA-SC, 2023). Durch die EFSA wird dies allerdings nicht als besorgniserregend eingestuft aufgrund des erhöhten Kupferbedarfs während des Wachstums (siehe auch Kapitel 3.3.5.1).

Tabelle 34: Ausschöpfung des ADI von 0,07 mg/kg KG und Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)
Gesamt	952	64	123	64	123	68	128	68	128
Jungen	481	64	120	64	120	69	125	69	125
Mädchen	471	63	123	63	123	66	131	66	131
0,5–<1 Jahr	57	105	160	105	160	108	161	108	161
1–<3 Jahre	308	76	136	76	136	84	142	84	143
3–<6 Jahre	588	58	95	58	95	62	100	62	100

N: Anzahl Kinder; ADI: Acceptable Daily Intake; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

Tabelle 35: Anzahl (N) und Anteil (%) von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands mit einer Exposition oberhalb des ADI von 0,07 mg/kg KG (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder).

	N	Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)
Gesamt	952	120	13	120	13	136	14	136	14
Jungen	481	66	14	66	14	74	15	74	15
Mädchen	471	55	12	55	12	63	13	63	13
0,5–<1 Jahr	57	36	63	36	63	37	64	37	64
1–<3 Jahre	308	61	20	61	20	71	23	71	23
3–<6 Jahre	588	24	4	24	4	28	5	28	5

N: Anzahl Kinder; ADI: Acceptable Daily Intake; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

3.3.6 Magnesium

Magnesium ist ein Erdalkalimetall. Es kommt als freies Kation (Mg^{2+}) in wässrigen Lösungen oder als mineralischer Bestandteil einer Vielzahl von Verbindungen vor, darunter Chloride, Carbonate und Hydroxide (EFSA-NDA, 2015b). In der Industrie wird metallisches Magnesium als Bestandteil von Legierungen verwendet, welche bei der Herstellung von Autos und Verpackungen benötigt werden (UBA, 2019).

Der größte Teil des Magnesiumgehalts im Körper ist in den Knochen (60 %) und der Muskulatur (25 %) gespeichert. Eine geringe Menge ist im Serum vorhanden. Magnesium ist ein Kofaktor von mehr als 300 enzymatischen Reaktionen und wirkt entweder auf das Enzym selbst als strukturelle oder katalytische Komponente oder auf das Substrat, insbesondere bei Reaktionen, an denen ATP beteiligt ist. Magnesium ist essenziell für die Synthese von Kohlenhydraten, Lipiden, Nukleinsäuren und Proteinen sowie für spezifische Aktionen in verschiedenen Organen des neuromuskulären und kardiovaskulären Systems (EFSA-NDA, 2015b).

Nüsse, Vollkorngetreide und Getreideprodukte, Fisch und Meeresfrüchte, verschiedene Gemüsesorten, Hülsenfrüchte, Beeren, Bananen und einige Kaffee- und Kakaotränke sind reich an Magnesium. Der Magnesiumgehalt von Leitungswasser und Mineralwasser kann einen erheblichen Beitrag zur Aufnahme leisten (EFSA-NDA, 2015b). Des Weiteren werden Magnesiumverbindungen, z. B. Magnesiumchlorid (E511) und Magnesiumcarbonat (E511), als Zusatzstoffe in Lebensmitteln verwendet. Unter anderem als Säureregulatoren, Rieselhilfen, Emulgatoren, Backtriebmittel und Trennmittel (VO EG-1333/2008).

3.3.6.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Magnesium

Der frühere Wissenschaftliche Lebensmittelausschuss der EU-Kommission (Scientific Committee on Food; SCF) leitete eine Obergrenze (UL) für die tägliche chronische zusätzliche Zufuhr von leicht dissoziierbaren Magnesiumsalzen und Verbindungen wie Magnesiumoxid über NEM oder angereicherte Lebensmittel von 250 mg/Tag bei Erwachsenen, schwangeren und stillenden Frauen und Kindern ab 4 Jahren ab (SCF, 2001/2006). Eine Magnesiumexposition aus der üblichen Ernährung bzw. die aus den natürlichen Magnesiumgehalten von Lebensmitteln resultierende Zufuhr wurde dabei nicht berücksichtigt (SCF, 2001/2006). Daher erfolgt kein Vergleich der lebensmittelbedingten Exposition mit diesem UL.

3.3.6.2 Magnesiumexposition über Lebensmittel für Kinder

Wie in Tabelle 36 dargestellt ist, nehmen Kinder, die sich vornehmlich konventionell ernähren, im Median 132 und im P95 199 mg Magnesium pro Tag auf. Bei vornehmlich biologischer Ernährung ist die Exposition pro Tag minimal höher (P50: 142 mg/Tag; P95: 213 mg/Tag). Bei Betrachtung der unterschiedlichen Altersgruppen zeigt sich, dass 3- bis <6-Jährige die höchste Exposition (biologisch und konventionell) sowohl im P50 als auch im P95 aufweisen. Generell zeigt sich, dass die Magnesiumexposition von Jungen höher ist als die der Mädchen. Bei der vorliegenden Auswertung wurde die Magnesiumexposition ohne NEM betrachtet. Laut Fragebogen der KiESEL-Studie nehmen Kinder Magnesium in Form von NEM als Multinährstoffpräparat, Kombinationspräparat (z. B. Calcium mit Magnesium) und Mononährstoffpräparat zu sich. Dabei enthalten die Präparate Dosierungen zwischen 0,4 und 500 mg Magnesium. Zusätzliche Informationen zur Gabe von NEM in der KiESEL-Studie wurden in Appel et al. (2021) veröffentlicht. In Burgard et al. (2023) wurden weitere Analysen zur Nährstoffaufnahme von Kindern ab dem 1. Lebensjahr aus der KiESEL-Studie publiziert.

Tabelle 36: Magnesiumexposition in mg pro Tag (mg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in mg/Tag			
		Konventionell		Biologisch	
		P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	132	199	142	213
Jungen	481	139	201	150	215
Mädchen	471	125	190	136	210
0,5–<1 Jahr	57	96	149	105	157
1–<3 Jahre	308	118	183	128	202
3–<6 Jahre	588	144	201	155	216

N: Anzahl Kinder

Unabhängig davon, ob Kinder vornehmlich biologisch oder konventionell erzeugte Lebensmittel konsumieren, haben die Lebensmittelhauptgruppen „Getreide und Produkte auf Getreidebasis“, „Milch und Milchprodukte“ und zu gleichen Anteilen „Obst und Obstprodukte“ sowie „Zusammengesetzte Gerichte“ den größten Anteil an der Exposition (Abbildung 18).

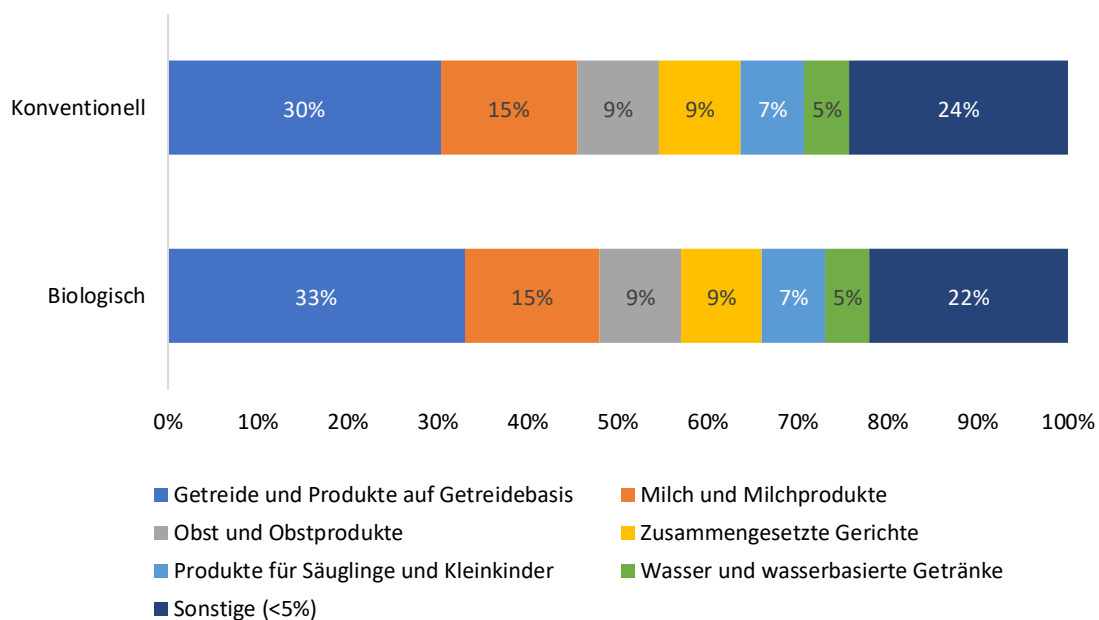


Abbildung 18: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Magnesiumexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.7 Mangan

Mangan hat sowohl als essenzielles als auch als potenziell neurotoxisches Element eine Bedeutung (Sachse et al., 2019). Als dritthäufigstes Übergangsmetall erfüllt es zahlreiche Funktionen und ist unter anderem Bestandteil von Metalloenzymen und am Aminosäuren-, Lipid- und Kohlenhydratstoffwechsel beteiligt (EFSA-NDA, 2013a).

3.3.7.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Mangan

Aufgrund fehlender Daten zur Charakterisierung einer Dosis-Wirkungs-Beziehung und zur Festlegung eines Referenzpunktes leitete die EFSA anstelle einer Obergrenze für die tägliche Gesamtzufuhr (UL) eine sichere Aufnahmemenge (Safe Level of Intake; SLI) für Mangan ab (EFSA-NDA, 2023a). Für die Altersgruppe der KiESEL-Studie wurde der SLI auf 2 mg/Tag (0,5–<1 Jahr), 4 mg/Tag (1–<3 Jahre) und 5 mg/Tag (3–<6 Jahre) festgelegt.

3.3.7.2 Mangangehalte nach Lebensmittelgruppen der BfR-MEAL-Studie

Eine tabellarische Darstellung der Mangangehalte der Lebensmittelhauptgruppen (P50, Minimum-Gehalt, Maximum-Gehalt, Lebensmittel mit maximalem Gehalt) stratifiziert nach Art der Erzeugnisse (unspezifisch, biologisch, konventionell) befindet sich im Anhang (Tabelle A-22 bis Tabelle A-24). Mangan wurde in allen Lebensmittelhauptgruppen gemessen, der Anteil der linkszensierten Ergebnisse liegt bei 2 % (16 von 840 Pools). Die linkszensierten Ergebnisse befinden sich ausschließlich in den Lebensmittelhauptgruppen „Tierische und pflanzliche Fette und Öle“ und „Wasser und Getränke auf Wasserbasis“, welche gleichzeitig die geringsten Mangangehalte im Median aufweisen.

Bei den unspezifisch beprobten Lebensmitteln hat die Lebensmittelhauptgruppe „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ im Median den höchsten Mangangehalt (18,2 mg/kg). Stratifiziert nach biologischer und konventioneller Erzeugung hat für beide Szenarien die Lebensmittelhauptgruppe „Getreide und Getreideprodukte“ den höchsten medianen Gehalt. Insgesamt liegen die Gehalte auf Lebensmittelhauptgruppenebene bei biologischer und konventioneller Erzeugung in gleicher Größenordnung. Die Lebensmittel mit den höchsten Gehalten sind „Chia-Samen“ (67,0 mg/kg), „Haselnüsse“ (66,3 mg/kg) und „Haselnussmus“ (57,8 mg/kg).

Insgesamt sind die Mangangehalte in pflanzlichen Produkten höher als in tierischen. „Fleisch und Fleischprodukte“ weisen im Allgemeinen einen geringen Gehalt an Mangan auf, wobei Innereien wie „Leber“ und „Nieren“ den höchsten Mangangehalt in dieser Lebensmittelhauptgruppe haben.

Die Gehaltsdaten für Mangan wurden in der Publikation (Stadion et al., 2024) beschrieben.

3.3.7.3 Manganexposition über Lebensmittel für Kinder

Die nachfolgende Beschreibung zur Manganzufuhr über Lebensmittel bezieht sich auf die Ergebnisse im UB. Ergebnisse im mLb-Szenario unterscheiden sich nicht zu denen im UB-Szenario, weshalb auf die Darstellung der Manganexposition im mLb verzichtet wird (Tabelle 37).

Säuglinge zwischen 0,5 und <1 Jahr, die vornehmlich biologische Lebensmittel verzehren, nehmen im Median 0,98 mg Mangan pro Tag auf. Für Kinder zwischen 1 und <3 Jahren beträgt die Zufuhr 1,36 mg/Tag und für Kinder zwischen 3 und <6 Jahren 1,81 mg/Tag. Insgesamt beträgt die Exposition bei den Hochexponierten (P95) 2,98 mg/Tag (biologisches

Szenario). Unterschiede zwischen vornehmlich biologischer und konventioneller Lebensmittelauswahl sind gering. Im Median ist die Manganaufnahme bei konventioneller Lebensmittelauswahl in allen Altersgruppen minimal geringer als bei biologischer Lebensmittelauswahl. Geschlechterspezifische Unterschiede sind gering, jedoch ist die Zufuhr bei Mädchen insgesamt etwas geringer.

Tabelle 37: Manganexposition in mg pro Tag (mg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in mg/Tag			
		Konventionell		Biologisch	
		P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	1,56	2,98	1,63	2,98
Jungen	481	1,66	3,04	1,75	3,03
Mädchen	471	1,51	2,90	1,55	2,81
0,5–<1 Jahr	57	0,95	1,66	0,98	1,92
1–<3 Jahre	308	1,30	2,70	1,36	2,75
3–<6 Jahre	588	1,73	3,15	1,81	3,15

N: Anzahl Kinder

Über die Hälfte der durchschnittlichen Manganzufuhr erfolgt durch die Lebensmittelhauptgruppe „Getreide und Getreideprodukte“. „Obst und Obstprodukte“ sowie „Speisen und Gerichte“ haben einen Anteil von 8–9 % an der durchschnittlichen Exposition. Die Lebensmittel, die am meisten zur durchschnittlichen Manganzufuhr beitragen, sind „Weißbrot, Brötchen“, „Mischbrot“ und „Vollkornbrot, Vollkornbrötchen“.

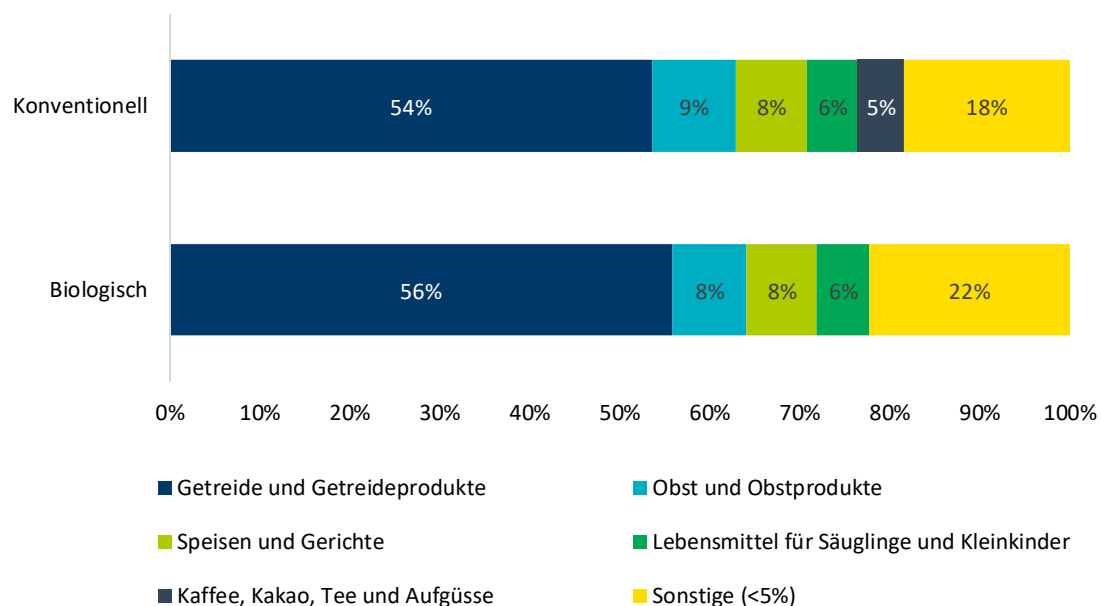


Abbildung 19: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Manganexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.7.4 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Mangan

Aufgrund der ähnlichen Gesamtexposition zwischen biologischer und konventioneller Lebensmittelauswahl ist die Ausschöpfung des SLI im Median nahezu identisch (Tabelle 38). Bei vorwiegend biologischer Lebensmittelauswahl wird der SLI in der Altersgruppe von 0,5–<1 Jahr im P50 etwa zur Hälfte ausgeschöpft (49 %). Bei den anderen Altersgruppen beträgt die mediane Ausschöpfung nur etwas mehr als ein Drittel und liegt bei Kindern von 1–<3 Jahren bei 34 % und bei 3–<6-Jährigen bei 36 %. Bei den hochexponierten (P95) Säuglingen von 0,5–<1 Jahr wird der SLI mit 96 % fast vollständig ausgeschöpft, während bei den anderen Altersgruppen die Ausschöpfung zwischen 63 und 69 % liegt. Innerhalb der KiESEL-Stichprobe überschreiten in jeder Altersgruppe maximal 1–2 Probanden den SLI. Daraus resultierend überschreiten von den 0,5- bis <3-Jährigen 1–2 % den SLI.

Tabelle 38: Ausschöpfung (%) des SLI durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des SLI (Basis: KiESEL; nicht gestillt)

	N	Konventionell				Biologisch			
		Ausschöpfung		Überschreitung		Ausschöpfung		Überschreitung	
		P50 (%)	P95 (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	P50 (%)	P95 (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)
Gesamt	952	35	66	2	0	36	68	4	0
Jungen	481	36	67	1	0	38	68	1	0
Mädchen	471	33	63	1	0	34	64	3	0
0,5–<1 Jahr ^a	57	48	83	1	2	49	96	1	2
1–<3 Jahre ^b	308	33	67	0	0	34	69	2	1
3–<6 Jahre ^c	588	35	63	1	0	36	63	1	0

N: Anzahl Kinder; SLI: Safe Level of Intake

^a SLI=2 mg/Tag

^b SLI=4 mg/Tag

^c SLI=5 mg/Tag

3.3.8 Molybdän

Obwohl Molybdän, neben Kupfer, das Spurenelement ist, welches quantitativ am wenigsten häufig in Pflanzengeweben vorkommt, hat es eine große Bedeutung für das Pflanzenwachstum, da es an der Fixierung von Stickstoff beteiligt ist. Ein wichtiger Faktor, der die Verfügbarkeit von Molybdän beeinflusst, ist der pH-Wert des Bodens. In alkalischen Böden liegt Molybdän hauptsächlich in seiner Anionenform vor und ist dadurch besser löslich. In sauren Böden (pH-Wert <5,5) nimmt die Verfügbarkeit von Molybdän ab (Kaiser et al., 2005).

Im menschlichen Körper ist das Übergangselement Molybdän Bestandteil verschiedener Enzyme und am Amino- und Harnsäurestoffwechsel beteiligt. Die Absorption erfolgt im Dünndarm. Dabei wurden Absorptionsquoten von ca. 35 % bis über 90 % beobachtet (BfR, 2004). Geeignete Biomarker zur Bestimmung des Molybdänstatus sind nicht bekannt (EFSA-NDA, 2013b).

3.3.8.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Molybdän

Das Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) der EFSA verweist auf die im Jahr 2000 vom SCF abgeleiteten Obergrenzen für die tägliche Gesamtaufuhr (UL) von Molybdän. Für Kinder von 1–<4 Jahren wurde ein UL in Höhe von 100 µg/Tag und für Kinder von 4–<7 Jahren in Höhe von 200 µg/Tag abgeleitet (EFSA-SCF/NDA, 2006).

3.3.8.2 Molybdängehalte nach Lebensmittelgruppen der BfR-MEAL-Studie

In Tabelle A-25 bis Tabelle A-27 im Anhang A2 sind jeweils die Molybdängehalte (P50, Minimum- und Maximum-Gehalt) innerhalb der Lebensmittelhauptgruppen sowie das Lebensmittel mit dem höchsten Molybdängehalt der jeweiligen Hauptgruppe im mLB und

UB dargestellt. Dabei wird nach Art der Erzeugung (unspezifisch, biologisch, konventionell) stratifiziert.

Die höchsten Molybdängehalte wurden unabhängig von der Stratifizierung in den Hauptgruppen „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“, „Getreide und Getreideprodukte“ sowie „Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate“ gemessen. Das Lebensmittel mit dem höchsten Gehalt ist die Erdnuss.

Weitere Lebensmittel mit hohen Molybdängehalten sind Haferflocken, Tierlebern und verschiedenen Hülsenfrüchte. Insgesamt enthalten Vollkornprodukte mehr Molybdän als Produkte aus Weißmehl.

Biologisch erzeugte Lebensmittel weisen insgesamt höhere Molybdängehalte auf als konventionell erzeugte Lebensmittel. Vor allem in der Hauptgruppe „Getreide und Getreideprodukte“ enthalten viele Lebensmittel mehr Molybdän als die konventionell erzeugten Pendanten. Ebenso liegen die Gehalte bei biologischer Erzeugung in den Lebensmittelhauptgruppen „Eier und Eierprodukte“ und „Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder“ über denen bei konventioneller Erzeugung. Die Gehaltdaten der BfR-MEAL-Studie für Molybdän sind in Stadion et al. (2024) dargestellt.

Der Anteil der linkszensierten Ergebnisse beträgt 16 % (136 von 840 Pools). In den Lebensmittelhauptgruppen „Tierische und pflanzliche Fette und Öle“ sowie „Wasser und Getränke auf Wasserbasis“ konnten keine quantifizierbaren Molybdängehalte nachgewiesen werden.

3.3.8.3 Molybdänexposition über Lebensmittel für Kinder

Die mediane Molybdänexposition bei Kindern, die vorwiegend biologisch erzeugte Lebensmittel verzehren, beträgt 72 µg/Tag (mLB, Tabelle 39). Dabei steigt die Molybdänzufuhr mit steigendem Alter und beträgt bei Säuglingen zwischen 0,5 und einem Jahr 49 µg/Tag, bei Kindern von 1–< 3 Jahren 63 µg/Tag und bei Kindern von 3–<6 Jahren 77 µg/Tag (mLB, biologisches Szenario). Die Molybdänzufuhr ist beim Szenario der vorwiegend biologischen Lebensmittelauswahl sowohl im Median als auch bei den Hochexponierten (P95) höher als bei konventioneller Lebensmittelauswahl. Dies lässt sich auf die höheren Molybdängehalte in biologisch erzeugten Lebensmitteln zurückführen. Das P95 beträgt bei biologischer Lebensmittelauswahl 121 µg/Tag und bei konventioneller Lebensmittelauswahl 86 µg/Tag. Unterschiede zwischen dem mLB und dem UB sind gering.

Tabelle 39: Molybdänexposition in µg/Tag (µg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in µg/Tag							
		Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95	P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	50	86	53	88	72	121	75	124
Jungen	481	52	91	54	92	75	128	79	130
Mädchen	471	48	80	51	82	70	118	73	120
0,5–<1 Jahr	57	35	59	37	60	49	78	51	79
1–<3 Jahre	308	45	84	46	85	63	119	64	120
3–<6 Jahre	588	54	89	56	92	77	124	80	128

N: Anzahl Kinder; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

Den größten Anteil an der durchschnittlichen Molybdänexposition haben mit 45 % (konventionelle Lebensmittelauswahl) bzw. 49 % (biologische Lebensmittelauswahl) „Getreide und Getreideprodukte“ (Abbildung 20). Es folgen „Milch und Milchprodukte“ und „Speisen und Gerichte“. Die Lebensmittel, welche bei den Verzehrenden den größten Anteil an der durchschnittlichen Exposition haben, sind „Sojadrink“ und „Erdnüsse“ sowie bei vorwiegend biologischer Lebensmittelauswahl zudem „Haferflocken“.

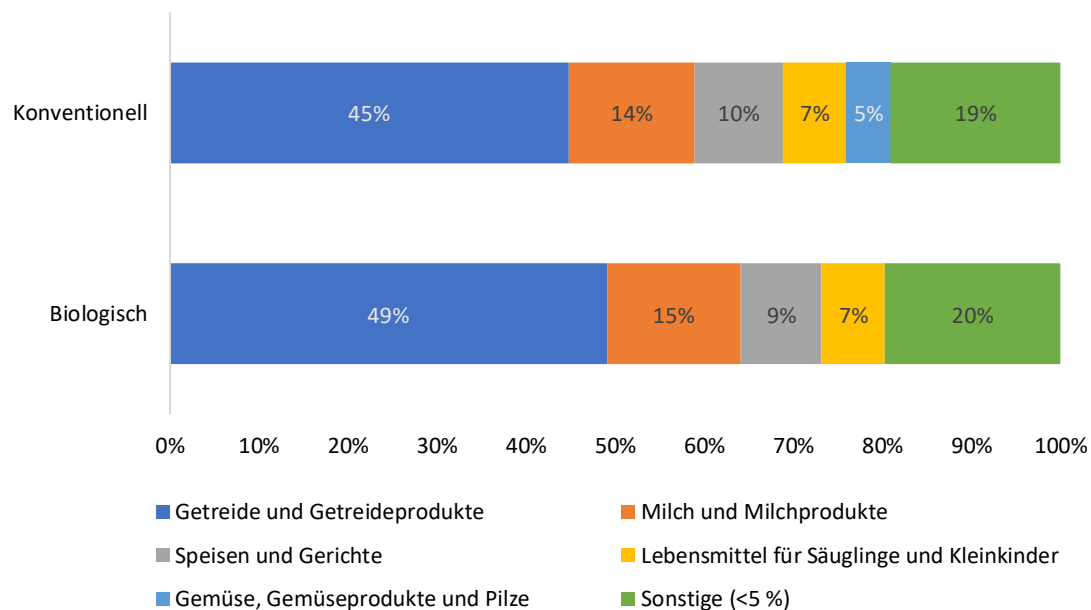


Abbildung 20: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Molybdänexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.8.4 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Molybdän

Die Ausschöpfung der ULs des SCF von 100 µg pro Tag für Kinder von 1–<4 Jahren und 200 µg für Kinder von 4–<6 Jahren sind in Tabelle 40 dargestellt. Zwischen dem Szenario der vorwiegend biologischen und vorwiegend konventionellen Lebensmittelauswahl ergeben sich Unterschiede.

Während für Kinder von 1–<4 Jahren der UL im Median bei konventioneller Lebensmittelauswahl etwa zur Hälfte ausgeschöpft wird, beträgt die Ausschöpfung bei biologischer Lebensmittelauswahl etwa 2/3. Im Szenario der vorwiegend biologischen Lebensmittelauswahl wird der UL in dieser Altersgruppe zu über 100 % ausgeschöpft und 12 % der Kinder überschreiten den UL. Anders beim Szenario einer vorwiegend konventionellen Lebensmittelauswahl, dort wird nur von 2 % der UL überschritten.

In der Altersgruppe der 4–<6-Jährigen liegt die mediane Ausschöpfung bei 41 % (UB, biologisch). Zu einer Überschreitung des ULs kommt es, bis auf einen Einzelfall im Szenario der vorwiegend biologischen Lebensmittelauswahl, nicht (Tabelle 41).

Tabelle 40: Ausschöpfung des UL von 100 bzw. 200 µg/Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)
Gesamt	952	35	70	37	72	51	104	53	106
Jungen	481	38	71	38	73	54	105	56	107
Mädchen	471	34	69	35	70	49	99	50	102
1–<4 Jahre ^a	482	47	83	49	84	66	119	68	121
4–<6 Jahre ^b	413	28	45	29	47	40	64	41	65

N: Anzahl Kinder; UL: Tolerable Upper Intake Level; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

^a UL=100 µg/Tag

^b UL=200 µg/Tag

Tabelle 41: Anzahl (N) und Anteil (%) von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands mit einer Exposition oberhalb des UL von 100 bzw. 200 µg/Tag (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)
Gesamt	952	9	1	9	1	55	6	60	6
Jungen	481	5	1	5	1	33	7	35	7
Mädchen	471	4	1	4	1	22	5	25	5
1–<4 Jahre ^a	482	9	2	9	2	54	11	59	12
4–<6 Jahre ^b	413	0	0	0	0	1	0	1	0

N: Anzahl Kinder; UL: Tolerable Upper Intake Level; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

^a UL=100 µg/Tag

^b UL=200 µg/Tag

3.3.9 Phosphor

Phosphor ist das 11. häufigste Element der Erdkruste (EFSA-NDA, 2015c). Elementarer Phosphor ist sehr reaktiv, weshalb Phosphor in biologischen Systemen und entsprechend in unserer Nahrung an Sauerstoff gebunden in Form von Phosphat vorkommt (Holleman, 1985;

Täufel et al., 2006). Ausgehend vom Phosphorgehalt kann mittels eines Faktors von 2,29 auf den Phosphatgehalt eines Lebensmittels (berechnet als P_2O_5) geschlossen werden (EFSA-FAF, 2019).

Phosphor konnte in der BfR-MEAL-Studie in fast allen Lebensmitteln nachgewiesen werden, wobei u. a. generative Pflanzenteile wie Pflanzensamen höhere Phosphorgehalte aufweisen können. Neben dem natürlichen Vorkommen werden Phosphate auch gezielt als Lebensmittelzusatzstoffe verarbeiteten Lebensmitteln zugesetzt.

Im menschlichen Körper befinden sich ca. 85 % des Phosphors in Form von Hydroxylapatit in Knochen und Zähnen (EFSA-NDA, 2015c). Darüber hinaus ist Phosphor u. a. Strukturkomponente von DNA und RNA, in Form von Phospholipiden integraler Bestandteil von Zellmembranen sowie Bestandteil phosphorylierter Zucker und Proteine. Als Bestandteil von Adenosintriphosphat (ATP) spielt Phosphor eine zentrale Rolle im Energiestoffwechsel (EFSA-NDA, 2015c).

Im Jahr 2015 stufte das NDA-Panel der EFSA die verfügbaren Daten zur Ableitung eines Referenzwertes zur Phosphorzufuhr als unzureichend ein (EFSA-NDA, 2015c). In der Folge wurden auf Basis der Referenzwerte zur Calciumzufuhr altersabhängige Empfehlungen für eine angemessene Zufuhr (AI) von Phosphor abgeleitet, die ein Calcium-Phosphor-Verhältnis von 1,4:1 zugrunde legen (Tabelle 42).

Tabelle 42: Referenzzufuhrmengen für Phosphor für die Altersgruppen der KiESEL-Studie (mg/Tag) nach EFSA-NDA (2015c).

Altersgruppe	Referenzzufuhr nach EFSA (mg/Tag)
7–11 Monate	160
1–3 Jahre	250
4–10 Jahre	440

3.3.9.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Phosphor

Die EFSA konnte aufgrund unzureichender Daten keinen UL für Phosphor ableiten (EFSA-NDA, 2005b). Im Jahr 2019 bewertete das EFSA Panel on Food Additives and Flavourings (FAF) Phosphate als Lebensmittelzusatzstoffe neu und leitete eine akzeptable tägliche Aufnahmemenge (ADI) von 40 mg/kg KG und Tag (ausgedrückt als Phosphat) ab (EFSA-FAF, 2019).

3.3.9.2 Phosphorgehalte nach Lebensmittelgruppen der BfR-MEAL-Studie

Phosphor wurde in allen 356 Lebensmitteln der MEAL-Lebensmittelliste gemessen. Der Anteil der quantifizierbaren Gehalte betrug 97 %. Zusätzlich zu verschiedenen Trink- und Mineralwasserproben konnte Phosphor in den Poolproben Olivenöl, Maiskeimöl und Spirituosen nicht quantifiziert oder nachgewiesen werden.

Bei den im Hinblick auf die Erzeugungsart ‚unspezifisch‘ beprobten Lebensmitteln zeigt die Hauptgruppe „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ mit 3.483 mg/kg (UB) den höchsten medianen Phosphorgehalt (Tabelle A-28). Unter Betrachtung der Lebensmittel,

welche nach Erzeugungsart differenziert beprobt wurden, zeigte bei konventionell (Tabelle A-29) erzeugten Lebensmitteln die Lebensmittelhauptgruppe „Getreide und Getreideprodukte“ mit 2.303 mg/kg (UB) und bei den biologisch (Tabelle A-30) erzeugten Lebensmitteln die Hauptgruppe „Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate“ mit 2.397 mg/kg (UB) die höchsten medianen Phosphorgehalte. Geringe Phosphorgehalte wurden für die Lebensmittelhauptgruppen „Wasser und Getränke auf Wasserbasis“, „Tierische und pflanzliche Fette und Öle“ und „Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse“ verzeichnet (Tabelle A-31).

Unabhängig von der Lebensmittelhauptgruppe waren die Lebensmittel mit den höchsten Phosphorgehalten „Kürbiskerne“ (11.385 mg/kg), „Schmelzkäse“ (8.433 mg/kg), „Chia-Samen“ (7.701 mg/kg) und „Sonnenblumenkerne“ (7.635 mg/kg), wobei der Phosphorgehalt in „Schmelzkäse“ anteilig auf die Verwendung von Phosphat als Lebensmittelzusatzstoff zurückgeht.

Zwischen konventionell und biologisch hergestellten Proben waren keine systematischen Unterschiede erkennbar. Die Unterschiede in ausgewählten Lebensmittelhauptgruppen sind auf einzelne Lebensmittel zurückzuführen und dabei auf die unterschiedliche Zusammensetzung der konventionell bzw. biologisch zusammengesetzten Poolproben (Schwerbel et al., 2022). Die Daten zu Phosphorgehalten aus der BfR-MEAL-Studie wurden bereits anderweitig publiziert (Schwerbel et al., 2022) und stehen als [Public Use File](#) zur Verfügung.

3.3.9.3 Phosphorexposition über Lebensmittel für Kinder

Die alimentäre Phosphorzufuhr wird im Szenario mit konventionell erzeugten Lebensmitteln marginal niedriger geschätzt, verglichen mit dem Szenario mit biologisch erzeugten Lebensmitteln. Die mediane Phosphorexposition pro Kilogramm Körpergewicht wird bei Kindern auf 38,3 mg (P50, UB) geschätzt. Für hochexponierte Kinder (P95) beträgt die Phosphorexposition bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel 66,9 mg/kg KG und Tag. Mädchen führen Phosphor in geringfügig niedrigeren Mengen zu. Von den berücksichtigten Altersgruppen zeigen die 1–<3-jährigen Kleinkinder mit 44,1 mg/kg KG und Tag (konventionell, UB) die höchste Phosphorexposition (Tabelle 43).

Sowohl bei konventioneller als auch bei biologischer Herstellung tragen „Milch und Milchprodukte“ und „Getreide und Getreideprodukte“ am meisten zur Phosphorexposition bei (Abbildung 21). Zusammen mit „Fleisch und Fleischprodukten“ sind diese Lebensmittelhauptgruppen für zwei Drittel der Phosphorexposition verantwortlich. Bei Säuglingen (0,5–<1 Jahr) zeigt die Lebensmittelhauptgruppe „Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder“ mit 68 % den höchsten Anteil an der Phosphorexposition. Der Anteil von „Säuglingsmilchnahrung“ an der Gesamtexposition wird in der Altersgruppe der Säuglinge auf 31 % geschätzt (mLB, vornehmlich konventionelle Lebensmittelauswahl).

Tabelle 43: Phosphorexposition in mg pro Kilogramm Körpergewicht und Tag (mg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in mg/kg KG und Tag							
		Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95	P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	38,4	66,9	38,4	66,9	39,3	67,6	39,3	67,6
Jungen	481	39,2	69,3	39,2	69,3	40,9	71,2	40,9	71,2
Mädchen	471	37,9	62,0	37,9	62,1	38,7	64,8	38,7	64,8
0,5–<1 Jahr	57	40,2	69,8	40,2	69,8	42,4	77,0	42,4	77,0
1–<3 Jahre	308	44,1	75,7	44,1	75,7	44,3	79,4	44,3	79,4
3–<6 Jahre	588	36,8	55,4	36,9	55,4	37,4	56,1	37,4	56,1

N: Anzahl Kinder; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

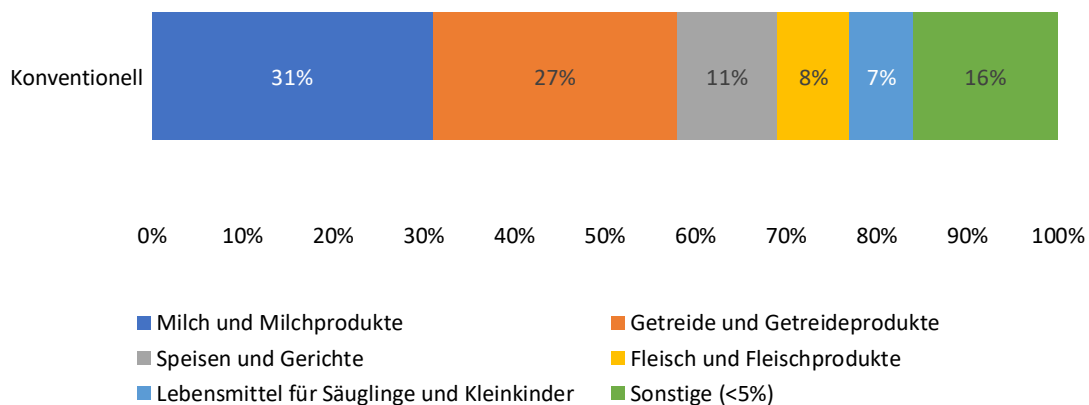


Abbildung 21: Anteil der Lebensmittelkategorien an der durchschnittlichen Phosphorexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel im mLB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.9.4 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Phosphor

Der von der EFSA abgeleitete ADI in Höhe von 40 mg/kg KG und Tag wird im Bereich der medianen Exposition (bei vornehmlicher Auswahl konventionell erzeugter Lebensmittel) mit 96 % fast vollständig ausgeschöpft (Tabelle 44). Hochexponierte Kinder (P95) der berücksichtigten Altersgruppen schöpfen den ADI je nach Szenario zu 138 % bis zu 199 % aus. Die Ausschöpfung des ADI ist bei Kleinkindern (1–<3-Jährige) bei einer vornehmlichen

Auswahl biologisch erzeugter Lebensmittel mit 111 % im Median und mit 199 % bei hochexponierten Kindern (P95) am höchsten. Im Szenario mit vornehmlicher Auswahl biologisch erzeugter Lebensmittel überschreiten ca. zwei Drittel der Säuglinge und Kleinkinder den ADI (Tabelle 45). Auf die gesamte Stichprobe bezogen, liegt der Anteil der Kinder, die den ADI überschreiten bei 45 % (vornehmliche Auswahl konventionell erzeugter Lebensmittel) bzw. bei 48 % (vornehmliche Auswahl biologisch erzeugter Lebensmittel). Bei Säuglingen trägt das Lebensmittel „Säuglingsmilchnahrung“, neben „Milchfertigbrei“ und „Kuhmilch“, mit Abstand am meisten zur Phosphorexposition bei. In der Gruppe der Kleinkinder tragen die Lebensmittel „Schnittkäse“, „Säuglingsmilchnahrung“ und „Weißbrote/Brötchen“ am meisten zur Phosphorexposition bei.

Die altersabhängigen Empfehlungen für eine angemessene tägliche Phosphorzufuhr erreichen der vorliegenden Schätzung nach 98 % der Säuglinge und Kleinkinder sowie 94 % der Kinder.

Tabelle 44: Ausschöpfung des ADI von 40 mg/kg KG und Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)
Gesamt	952	96	167	96	167	98	169	98	169
Jungen	481	98	173	98	173	102	178	102	178
Mädchen	471	95	155	95	155	97	162	97	162
0,5–<1 Jahr	57	101	174	101	175	106	192	106	192
1–<3 Jahre	308	110	189	110	189	111	199	111	199
3–<6 Jahre	588	92	138	92	138	93	140	93	140

N: Anzahl Kinder; ADI: Acceptable Daily Intake; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

Tabelle 45: Anzahl (N) und Anteil (%) von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands mit einer Exposition oberhalb des ADI von 40 mg/kg KG und Tag (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)
Gesamt	952	431	45	431	45	456	48	456	48
Jungen	481	226	47	226	47	248	52	248	52
Mädchen	471	205	44	205	44	208	44	208	44
0,5–<1 Jahr	57	29	51	29	51	38	67	38	67
1–<3 Jahre	308	196	64	196	64	201	65	201	65
3–<6 Jahre	588	207	35	207	35	216	37	216	37

N: Anzahl Kinder; ADI: Acceptable Daily Intake; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

3.3.10 Selen

Selen kommt natürlicherweise, jedoch ungleichmäßig verteilt, in der Erdkruste vor. In der Natur liegt Selen selten in elementarer Form vor. Häufig ist es gebunden an Schwefelverbindungen, Silber, Kupfer, Blei oder Nickel. Selenverbindungen können aber auch in Form von Gasen auftreten (ATSDR, 2003). In Lebensmitteln kommt Selen überwiegend in selenhaltigen Aminosäuren vor. In pflanzlichen Lebensmitteln ist Selenomethionin und in tierischen Lebensmitteln Selenocystein die häufigste selenhaltige Aminosäure. Als Bestandteil antioxidativ wirkender Enzyme schützt das essenzielle Spurenelement vor Zellschädigungen. Darüber hinaus ist eine ausreichende Selenversorgung essenziell für eine normale Schilddrüsenfunktion (BfR, 2004). Typische Expositionswege für die Aufnahme von Selen sind über Nahrungsmittel, Trinkwasser und die Luft, wobei die Aufnahme von Selen über die Atemluft in der Allgemeinbevölkerung eine untergeordnete Rolle spielt (ATSDR, 2003). Eine weitere Selenquelle können NEM und angereicherte Lebensmittel sein. Das BfR befasste sich jüngst mit diesem Thema und aktualisierte seine Höchstmengenvorschläge für den Zusatz von Selen in NEM und angereicherten Lebensmitteln (BfR, 2024a). Der Stellungnahme ging eine Absenkung des UL für die Aufnahme von Selen durch die EFSA voraus (EFSA-NDA, 2023b).

Die nachfolgende Expositionsschätzung befasst sich mit der Selenaufnahme über Lebensmittel.

3.3.10.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Selen

Kürzlich aktualisierte die EFSA die Obergrenzen für die tägliche chronische Gesamtaufuhr (UL) für die nahrungsbedinge Selenaufnahme (EFSA-NDA, 2023b). Eine Übersicht über die altersabhängigen ULs gibt Tabelle 46.

Tabelle 46: UL-Werte für die nahrungsbedingte Selenaufnahme in µg/Tag der (EFSA-NDA, 2023b)

Altersgruppe	UL für Männer und Frauen (µg/Tag)
4–6 Monate	45
7–11 Monate	55
1–3 Jahre	70
4–6 Jahre	95

UL: Tolerable Upper Intake Level

3.3.10.2 Selenexposition über Lebensmittel für Kinder

In Tabelle 47 ist die Selenexposition in Abhängigkeit der Ernährungsgewohnheiten (vornehmlich konventionelle und biologische Lebensmittelauswahl) im mLb und UB dargestellt. Die Beschreibung der Selenexposition bezieht sich auf die Ergebnisse im UB, welche zwischen 6 und 17 % über der Selenexposition im mLb-Szenario liegen.

Bei vornehmlich konventioneller Ernährung weisen Kinder eine mediane Selenexposition in Höhe von 22,7 µg/Tag auf (UB). Bei hochexponierten Kindern (P95) mit dieser Ernährungsweise liegt die Selenexposition bei 36,6 µg/Tag. Mit 23,7 µg/Tag überschreitet die Selenexposition von Jungen geringfügig die Selenexposition von Mädchen (21,2 µg/Tag). Mit zunehmendem Alter ist ein Anstieg der Selenexposition von 15,5 auf 24,1 µg/Tag zu beobachten. Diese Ergebnisse beziehen jedoch nicht das individuelle Körpergewicht der Kinder mit ein.

Unter Berücksichtigung des Körpergewichts kann bei zunehmendem Alter ein Absinken der Selenexposition von 1,77 auf 1,32 µg/kg KG und Tag beobachtet werden (vornehmlich konventionelle Lebensmittelauswahl; UB). Der geschlechterspezifische Unterschied der Selenexposition wird bezogen auf das individuelle Körpergewicht ebenfalls aufgehoben. Bei vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl weisen hochexponierte Mädchen (2,34 µg/kg KG und Tag) sogar eine marginal höhere Selenexposition auf als hochexponierte Jungen (2,22 µg/kg KG und Tag) (Daten nicht gezeigt).

Die Ergebnisse zur Selenexposition bei vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl liegen nur marginal unter der Selenexposition bei vornehmlich konventioneller Lebensmittelauswahl.

Tabelle 47: Selenexposition in µg pro Tag (µg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KIESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in µg/Tag							
		Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95	P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	19,9	33,4	22,7	36,6	19,0	33,2	21,6	35,3
Jungen	481	20,8	34,1	23,7	36,7	19,7	33,2	22,6	35,5
Mädchen	471	19,1	33,0	21,2	35,8	18,0	31,8	20,5	35,0
0,5–<1 Jahr	57	14,6	25,9	15,5	27,9	14,4	25,3	15,3	27,2
1–<3 Jahre	308	17,5	28,0	19,7	29,8	17,1	26,4	19,3	29,1
3–<6 Jahre	588	21,3	35,0	24,1	37,6	20,2	34,0	23,2	37,1

N: Anzahl Kinder; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

Lebensmittel der Hauptgruppe „Getreide und Getreideprodukte“ tragen mit 25 % im konventionellen Szenario bzw. 23 % im biologischen Szenario am stärksten zur Selenexposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands bei (Abbildung 22). Es folgen die Lebensmittelhauptgruppen „Milch und Milchprodukte“, „Speisen und Gerichte“ und „Fleisch und Fleischprodukte“ mit Anteilen zwischen 11 und 18 % an der Selenexposition. Mit einem Anteil von 4 % werden Lebensmittel der Hauptgruppe „Eier und Eierprodukte“ bei konventioneller Erzeugung unter „Sonstige (< 5 %)“ aufgeführt. Bei biologischer Erzeugung trägt die Lebensmittelhauptgruppe „Eier und Eierprodukte“ mit 5 % zur Selenexposition bei.

Unter den Lebensmitteln mit dem höchsten Anteil an der Selenexposition befinden sich neben Kuhmilch auch Säuglingsmilchnahrung, Hühnereier, Weißbrote, Teigwaren mit und ohne Ei und Mineralwasser. Die Gehaltsdaten für Selen wurden bereits publiziert und diskutiert (Stadion et al., 2024).

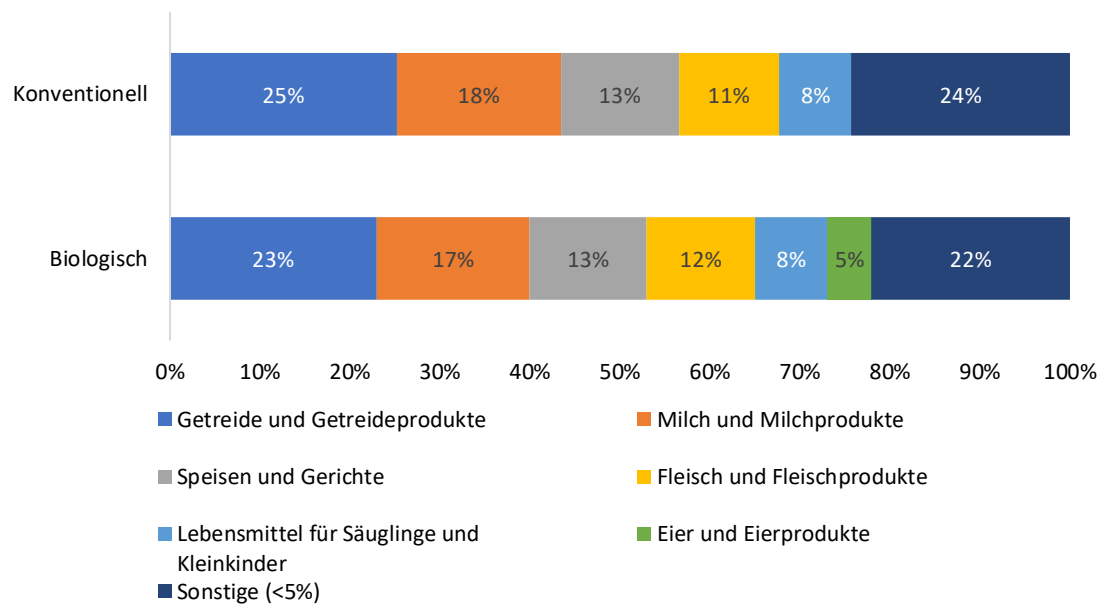


Abbildung 22: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Selenexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.10.3 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Selen

Bei vornehmlich konventioneller Lebensmittelauswahl beträgt die Ausschöpfung des UL im UB-Szenario 28 % (Tabelle 48). Hochexponierte Kinder schöpfen den UL bei vornehmlich konventioneller Ernährungsweise zu 44 % aus. Die Ausschöpfung des UL liegt bei Jungen geringfügig höher als bei Mädchen. Über die Altersgruppen schwankt die mediane Ausschöpfung des UL zwischen 26 und 30 %. Unterschiede in der Ausschöpfung des UL zwischen vornehmlich konventioneller und biologischer Lebensmittelauswahl sind minimal.

Auch die maximale Aufnahme innerhalb der KiESEL-Population (nicht dargestellt) führt nicht zu einer Überschreitung des UL.

Tabelle 48: Ausschöpfung des UL von 55, 70 bzw. 95 µg/Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)	P50 (%)	P95 (%)
Gesamt	952	25	41	28	44	24	40	27	42
Jungen	481	27	41	30	44	25	40	28	42
Mädchen	471	23	41	26	43	23	40	26	42
0,5–<1 Jahr ^a	57	26	47	28	51	26	46	28	49
1–<4 Jahre ^b	482	26	43	30	47	25	42	29	46
4–<6 Jahre ^c	413	23	37	26	39	22	36	25	39

N: Anzahl Kinder; UL: Tolerable Upper Intake Level; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

^a UL=55 µg/Tag

^b UL=70 µg/Tag

^c UL=95 µg/Tag

3.3.11 Vitamin A und beta-Carotin

Unter dem Begriff Vitamin A werden verschiedene fettlösliche Verbindungen mit Vitamin A-Aktivität zusammengefasst. Vorgebildetes Vitamin A kommt ausschließlich in tierischen Lebensmitteln in der zentralen Wirkform als all-*trans*-Retinol oder in Speicherform als Retinylester vor (DGE, 2024b). In pflanzlichen Lebensmitteln sind Provitamin A-Carotinoide zu finden, z. B. das wirksamste Provitamin A, das beta-Carotin. Die biologische Wertigkeit der unterschiedlichen Verbindungen mit Vitamin A-Aktivität kann u. a. in Retinoläquivalent (RE) ausgedrückt werden, mit entsprechenden Umrechnungsfaktoren für Retinol (1 µg=1 µg RE), für beta-Carotin (6 µg=1 µg RE) und für die anderen Carotinoide mit Provitamin A-Charakter (12 µg=1 µg RE) (EFSA-NDA, 2015d).

Vitamin A ist als 11-*cis*-Retinal in den Sehvorgang involviert. Darüber hinaus fungiert Retinsäure als Transkriptionsfaktor und ist somit an der Transkription einer Vielzahl an Genen beteiligt, u. a. in der Zelldifferenzierung, im Reproduktions- und Immunsystem und im Lipid- und Energiestoffwechsel (EFSA-NDA, 2015d).

Im Jahr 2015 leitete das NDA-Panel der EFSA Referenzzufuhrmengen (Population Reference Intake; PRI) für Vitamin A für verschiedene Bevölkerungsgruppen ab (EFSA-NDA, 2015d). Für die drei Altersgruppen, die im Rahmen der KiESEL-Studie berücksichtigt wurden, liegen die Referenzzufuhrmengen zwischen 250 µg RE und 300 µg RE pro Tag. Darüber hinaus aktualisierten die D-A-CH Ernährungsgesellschaften im Jahr 2020 ihre Empfehlungen zu Referenzzufuhrmengen für Vitamin A (Tabelle 49).

Tabelle 49: Referenzzufuhrmengen für Vitamin A für die Altersgruppen der KiESEL-Studie (µg RE/Tag) nach EFSA-NDA (2015d) und DGE (2024b).

Altersgruppe	Referenzzufuhr nach EFSA (µg RE/Tag)	Referenzzufuhr nach D-A-CH (µg RAE ^a /Tag)
7–11 Monate	250	400
1–3 Jahre	250	300
4–6 Jahre	300	350

RE: Retinoläquivalent; RAE: Retinolaktivitätsäquivalent
^a Retinolaktivitätsäquivalent = 1 µg Retinol = 12 µg beta-Carotin = 24 µg andere Provitamin-A-Carotinoide

3.3.11.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für vorgebildetes Vitamin A

Im Jahr 2024 überarbeitete das NDA-Panel der EFSA die Obergrenzen für die tägliche chronische Gesamtaufuhr (UL) von vorgebildetem (präformiertem) Vitamin A (EFSA-NDA, 2024). Für die Altersgruppen, die von der KiESEL-Studie abgedeckt werden, wurden ULs von vorgebildetem Vitamin A von 600 µg bis 1.100 µg Retinoläquivalenten pro Tag abgeleitet (Tabelle 50).

Tabelle 50: Obergrenzen für die tägliche Gesamtaufuhr (UL) von vorgebildetem Vitamin A für die Altersgruppen der KiESEL-Studie (µg RE/Tag) (EFSA-NDA, 2024).

Altersgruppe	UL (µg RE/Tag)
4–6 Monate	600
7–11 Monate	600
1–3 Jahre	800
4–6 Jahre	1.100

UL: Tolerable Upper Intake Level; RE: Retinoläquivalent

3.3.11.2 Gehalte von vorgebildetem Vitamin A und beta-Carotin nach Lebensmittelgruppen der BfR-MEAL-Studie

Auf vorgebildetes Vitamin A und beta-Carotin wurden nicht alle Lebensmittel der MEAL-Lebensmittelliste untersucht, da aufgrund des Vorkommens für ausgesuchte Lebensmittel keine Gehalte über dem LOD erwartet wurden. Bei den untersuchten Poolproben lag der Anteil der Ergebnisse unterhalb des LOQ bei 33 % für Retinol und bei 24 % für beta-Carotin.

Die Lebensmittelhauptgruppen „Eier und Eierprodukte“ zeigte mit 167,5 µg/100 g den höchsten medianen Gehalt an vorgebildetem Vitamin A, gefolgt von der Hauptgruppe „Milch und Milchprodukte“ mit 97,5 µg/100 g (Tabelle A-32). Geringe Gehalte an vorgebildetem

Vitamin A wurden v. a. in Lebensmittelgruppen mit vorrangig pflanzlichen Lebensmitteln und gleichzeitig geringen Anteilen tierischer Produkte (z. B. Milchl fett) nachgewiesen, wie z. B. in den Hauptgruppen „Getreide und Getreideprodukte“ und „Obst und Obstprodukte“.

Die höchsten Gehalte an vorgebildetem Vitamin A wurden in den Lebern verschiedener Tierarten nachgewiesen: Dorschleber (25.000 µg/100 g), Schafleber (17.000 µg/100 g), Schweineleber (16.250 µg/100 g) und Rinderleber (15.625 µg/100 g).

Die höchsten medianen beta-Carotin-Gehalte (UB) auf der Ebene von Lebensmittelhauptgruppen zeigten „Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze“ und „Tierische und pflanzliche Fette und Öle“ mit 238 µg/100 g bzw. 258 µg/100 g (Tabelle A-33). Auf Lebensmittelebene wurden die höchsten Gehalte an beta-Carotin in „Karotten“ (4.650 µg/100 g), „Grünkohl“ (3.000 µg/100 g) und „Spinat“ (1.887,5 µg/100 g) nachgewiesen.

Die Daten zu Gehalten an vorgebildetem Vitamin A und beta-Carotin aus der BfR-MEAL-Studie wurden bereits publiziert (Schendel et al., 2022) und stehen als [Public Use File](#) zur Verfügung.

3.3.11.3 Vitamin A-Exposition über Lebensmittel für Kinder

Für einen Vergleich der Vitamin A-Zufuhr mit den Referenzzufuhrmengen erfolgt die Berechnung, wie nachfolgend dargestellt, als Retinoläquivalent unter Berücksichtigung der Gehalte von vorgebildetem Vitamin A und beta-Carotin. Die mediane Vitamin A-Zufuhr (UB) wird im Szenario bei vornehmlicher Auswahl konventionell erzeugter Lebensmittel für die Stichprobe auf 428 µg RE/Tag geschätzt (Tabelle 51). Hochexponierte Kinder (P95) führen 1.029 µg RE/Tag zu. Die Exposition zwischen Jungen und Mädchen unterscheidet sich nur geringfügig. Die Altersgruppe der Säuglinge (0,5–<1 Jahr) zeigt von den berücksichtigten Altersgruppen die höchste mediane Exposition, die höchste Exposition im 95. Perzentil und im Szenario bei vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl eine höhere mediane Exposition verglichen mit dem Szenario mit vornehmlicher Auswahl konventionell erzeugter Lebensmittel.

Den höchsten Anteil an der Vitamin A-Exposition haben mit 23 % „Milch und Milchprodukte“, gefolgt von den Lebensmittelkategorien „Speisen und Gerichte“ und „Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze“ (Abbildung 23).

Die Zufuhr von Vitamin A unter Berücksichtigung von vorgebildetem Vitamin A und beta-Carotin erreicht im Median bei allen drei Altersgruppen die entsprechenden Referenzzufuhrmengen der EFSA und der D-A-CH Ernährungsgesellschaften.

Für den Vergleich mit den ULs erfolgt die Zufuhrberechnung, wie nachfolgend dargestellt, ausschließlich für vorgebildetes Vitamin A. Die Exposition von vorgebildetem Vitamin A wird bei vornehmlich konventioneller Lebensmittelauswahl für die berücksichtigte Stichprobe auf 245 µg RE/Tag (UB) geschätzt (Tabelle 52). Hochexponierte Kinder (P95) führen 708 µg RE aus vorgebildetem Vitamin A pro Tag zu. Die Exposition zwischen Jungen und Mädchen unterscheidet sich im Median nur geringfügig. Die Altersgruppe der Säuglinge (0,5–<1 Jahr) zeigt von den berücksichtigten Altersgruppen die höchste mediane Exposition an vorgebildetem Vitamin A und die höchste Exposition im 95. Perzentil. In der Altersgruppe der Säuglinge trägt das Lebensmittel „Säuglingsmilchnahrung“, neben „Milchfertigbrei“ und „Leberwurst“, mit Abstand am meisten zur Exposition von vorgebildetem Retinol bei.

Den höchsten Anteil an der Exposition von vorgebildetem Vitamin A haben mit mehr als 30 % „Milch und Milchprodukte“, gefolgt von den Lebensmittelhauptgruppen „Tierische und pflanzliche Fette und Öle“, „Getreide und Getreideprodukte“ und „Fleisch und Fleischprodukte“, mit Anteilen jeweils zwischen 11 und 14 % (Abbildung 24).

Tabelle 51: Vitamin A-Exposition^a in µg RE pro Tag (µg RE/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder).

	N	Exposition in µg RE/Tag							
		Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95	P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	418	1.019	428	1.029	432	983	444	995
Jungen	481	436	1.038	446	1.054	453	1.018	460	1.051
Mädchen	471	396	997	411	1.010	414	871	421	876
0,5–<1 Jahr	57	555	1.038	565	1.070	702	1.171	704	1171
1–<4 Jahre	482	376	958	388	966	393	931	403	944
4–<6 Jahre	413	440	1.029	452	1.038	456	911	471	921

N: Anzahl Kinder; RE: Retinoläquivalent; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

^a berücksichtigt vorgebildetes Vitamin A und beta-Carotin

Tabelle 52: Exposition gegenüber vorgebildetem Vitamin A in µg RE pro Tag (µg RE/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in µg RE/Tag							
		Konventionell				Biologisch			
		mLB		UB		mLB		UB	
		P50	P95	P50	P95	P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	245	708	246	709	239	591	240	592
Jungen	481	256	763	257	764	253	658	254	658
Mädchen	471	226	650	227	651	231	521	232	521
0,5–<1 Jahr	57	337	779	337	779	353	857	354	857
1–<4 Jahre	482	227	650	228	651	228	543	229	544
4–<6 Jahre	413	256	714	257	715	253	554	254	556

N: Anzahl Kinder; RE: Retinoläquivalent; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

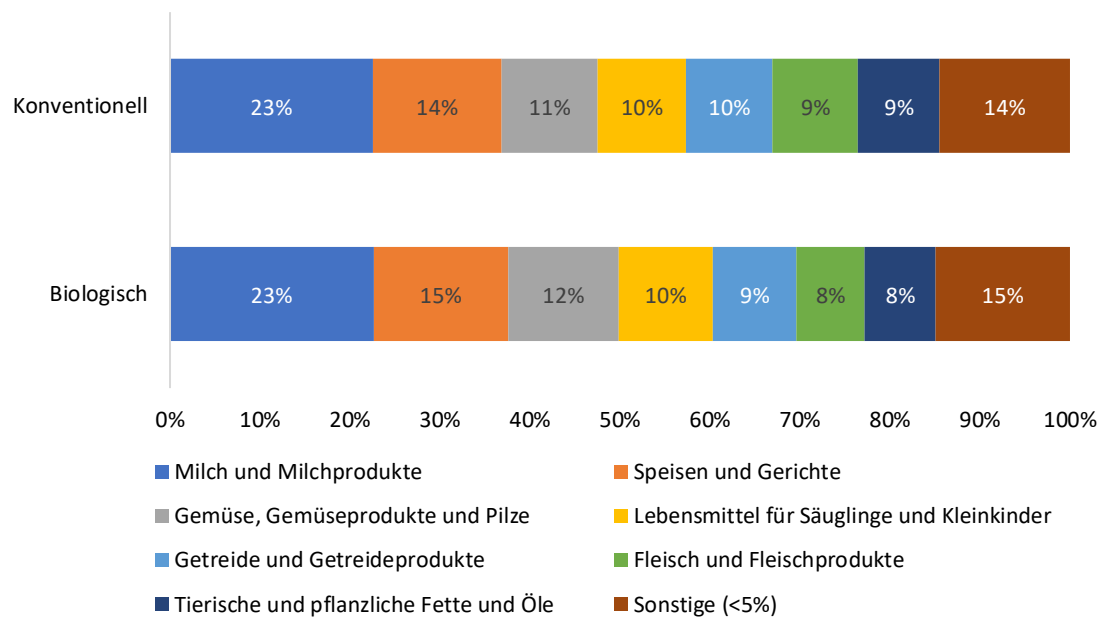


Abbildung 23: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Vitamin A-Exposition (berechnet als RE unter Berücksichtigung von Gehaltsdaten von vorgebildetem Vitamin A und beta-Carotin) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

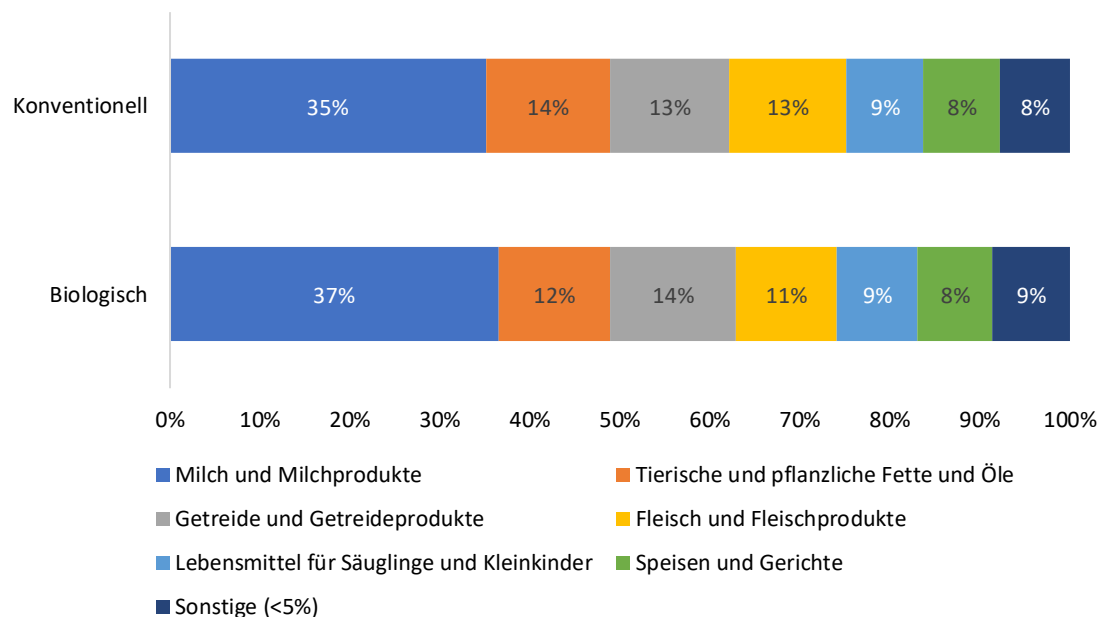


Abbildung 24: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Exposition von vorgebildetem Vitamin A für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.11.4 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für vorgebildetes Vitamin A

Die von der EFSA abgeleiteten ULs für vorgebildetes Vitamin A werden im Median (bei vornehmlich konventioneller Lebensmittelauswahl) zu 27 % ausgeschöpft (Tabelle 53). Hochexponierte Kinder schöpfen den UL zu 83 % aus, wobei die Ausschöpfung im 95. Perzentil bei Jungen höher ist als bei Mädchen (91 % versus 75 %). Die Ausschöpfung des UL ist bei den Säuglingen (0,5–<1 Jahr) bei einer vornehmlichen Auswahl biologisch erzeugter Lebensmittel mit 59 % im Median und mit 143 % bei hochexponierten Säuglingen am höchsten. Im Szenario mit vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl überschreiten ca. 15 % der Säuglinge den UL von 600 µg RE/Tag (Tabelle 53). Auf die gesamte Stichprobe bezogen liegt der Anteil der Kinder, die den UL für vorgebildetes Vitamin A überschreiten, bei 2–3 %.

Tabelle 53: Ausschöpfung (%) des UL von 600 bis 1.100 µg RE/Tag durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des UL (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		Ausschöpfung		Überschreitung		Ausschöpfung		Überschreitung	
		P50 (%)	P95 (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	P50 (%)	P95 (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)
Gesamt	952	27	83	30	3	26	77	16	2
Jungen	481	29	91	17	2	29	82	11	1
Mädchen	471	26	75	13	1	25	74	5	1
0,5–<1 Jahr	57	56	130	9	16	59	143	8	15
1–<4 Jahre	482	28	81	11	2	29	68	5	1
4–<6 Jahre	413	23	65	10	2	23	51	3	1

N: Anzahl Kinder; UL: Tolerable Upper Intake Level

3.3.12 Vitamin K1

Vitamin K bildet eine Familie von fettlöslichen Verbindungen mit der gemeinsamen chemischen Struktur von 3-substituiertem 2-Methyl-1,4-Naphthochinon. Vitamin K ist ein Sammelbegriff für Vitamin K1 (Phyllochinon), welches in Nahrungsmitteln vorkommt, und Vitamin K2 (Menachinone), welches von Darmbakterien synthetisiert wird. Vitamin K1 (Phyllochinon) weist eine Phytyl-Seitenkette auf und ist in Europa die wichtigste Form von Vitamin K in der Nahrung (EFSA-NDA, 2017). Zu den Quellen gehören grünes Blattgemüse, insbesondere Kohl, Spinat und Salat (DGE, 2022).

Vitamin K wirkt als Kofaktor der c-Glutamylcarboxylase (GGCX), die die Carboxylierung von Glutaminsäure (Glu)-Resten zu c-Carboxyglutaminsäure (Gla)-Resten in Vitamin K-abhängigen Proteinen (Gla-Proteine) katalysiert und sie in ihre aktive Form umwandelt. Diese Gla-Proteine sind an verschiedenen physiologischen Prozessen beteiligt, darunter die Blutgerinnung und die Knochenmineralisierung (EFSA-NDA, 2017).

3.3.12.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Vitamin K1

Empfehlungen für adäquate Zufuhrmengen (AI) für Vitamin K1 wurden vom NDA-Panel der EFSA erarbeitet. Wie bereits 2003 publiziert wurde (SCF, 2003/2006a), wird eine Aufnahmemenge von 1 µg pro Kilogramm Körpergewicht und Tag in allen Alters- und Geschlechtergruppen als adäquat angesehen. Unter Berücksichtigung der von der EFSA zugrunde gelegten Referenzkörpergewichte ergeben sich die in Tabelle 54 aufgerundeten adäquaten Tageszufuhrmengen (EFSA-NDA, 2017).

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) hat für Deutschland, Österreich und die Schweiz vergleichbare Schätzwerte veröffentlicht (Tabelle 54) (DGE, 2022). Das BfR schließt sich mit einer Stellungnahme zu Höchstmengenvorschläge für Vitamin K in Lebensmitteln inklusive NEM diesen Empfehlungen an (BfR, 2021b).

Eine Obergrenze für die tägliche Gesamtaufuhr (UL) wurde von der Vorgängerinstitution der EFSA, dem SCF, aufgrund unzureichender Daten nicht abgeleitet. Die verfügbaren Studien sprechen für eine geringe akute und chronische Toxizität von oral verabreichtem Vitamin K (SCF, 2003/2006a). Folglich wird auf einen Vergleich der Exposition mit einem HBGV verzichtet.

Tabelle 54: Referenzzufuhrmengen für Vitamin K für die Altersgruppen der KiESEL-Studie (µg/Tag) nach (EFSA-NDA, 2017) und (DGE, 2022)

Altersgruppe	Referenzzufuhr nach EFSA (µg/Tag)	Referenzzufuhr nach D-A-CH (µg/Tag)
7–11 Monate	10	10 ^a
1–3 Jahre	12	15
4–6 Jahre	20	20

^a 4–11 Monate

3.3.12.2 Vitamin K1-Exposition über Lebensmittel für Kinder

Die nachfolgende Beschreibung zur Vitamin K1-Exposition über Lebensmittel bezieht sich auf die Ergebnisse im mLB. Die Ergebnisse im mLB-Szenario unterscheiden sich nicht zu denen im UB-Szenario, weshalb auf die Darstellung der Exposition im UB verzichtet wird.

In Tabelle 55 ist die Exposition von Vitamin K1 dargestellt. Die Gesamtexposition unterscheidet sich nicht zwischen vornehmlich biologischer und vornehmlich konventioneller Lebensmittelauswahl (1,3 µg/kg KG und Tag).

Sowohl im Median (biologische Lebensmittelauswahl: 4,7 µg/kg KG und Tag; konventionelle Lebensmittelauswahl: 4,1 µg/kg KG und Tag), als auch im 95. Perzentil (biologische Lebensmittelauswahl: 8,3 µg/kg KG und Tag; konventionelle Lebensmittelauswahl: 7,6 µg/kg KG und Tag) weisen Kinder unter einem Jahr die höchste Exposition auf.

Die Exposition zwischen Mädchen und Jungen unterscheidet sich im Median nur marginal. Im P95 weisen Jungen eine leicht höhere Exposition auf.

Tabelle 55: Vitamin K1-Exposition in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im mLb (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in µg/kg KG und Tag			
		Konventionell		Biologisch	
		P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	1,3	4,9	1,3	4,8
Jungen	481	1,4	5,7	1,3	5,0
Mädchen	471	1,3	4,6	1,3	4,8
0,5–<1 Jahr	57	4,1	7,6	4,7	8,3
1–<3 Jahre	308	1,7	5,0	1,7	4,8
3–<6 Jahre	588	1,1	3,4	1,0	3,4

N: Anzahl Kinder

Die Anteile der Lebensmittelhauptgruppen an der Exposition gegenüber Vitamin K1 sind in Abbildung 25 aufgeführt. Die Lebensmittelhauptgruppe „Speisen und Gerichte“ trägt mit 31–32 % am stärksten zur Exposition von Vitamin K1 bei. Daraufhin folgen „Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze“ und „Obst und Obstprodukte“ sowie „Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder“. Zur Exposition von Vitamin K1 tragen am meisten Säuglingsmilchnahrung, Rahmspinat und Brokkoli bei.

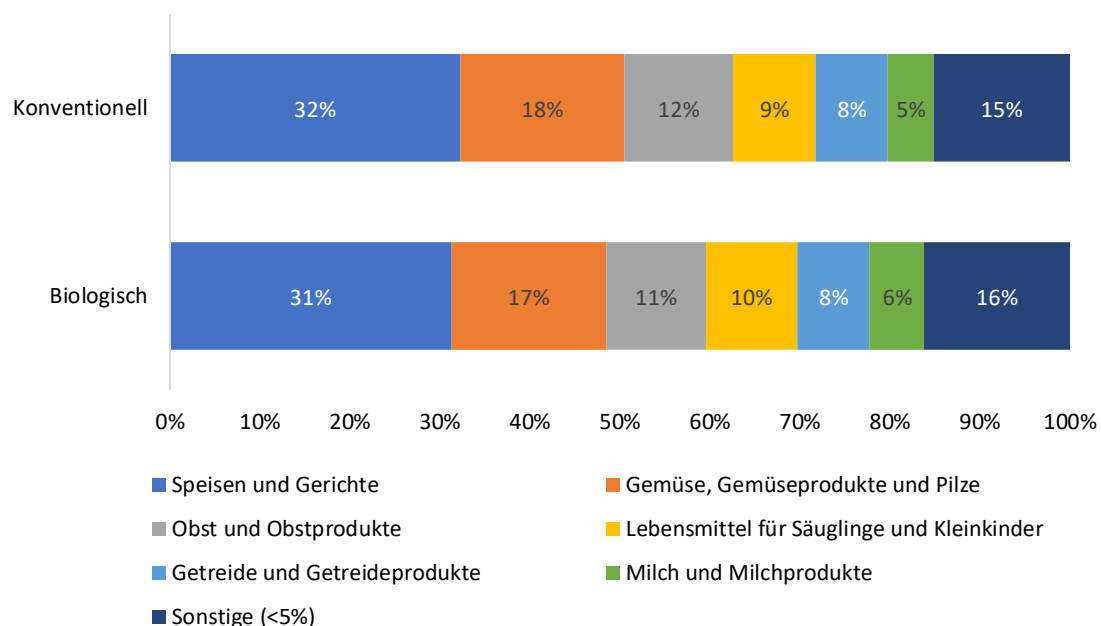


Abbildung 25: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Vitamin K1-Exposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im mLb (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.13 Vitamin K2

Menachinone (Vitamin K2) sind eine Gruppe von Verbindungen mit einer ungesättigten Seitenkette aus 4 bis 13 Isoprenyleinheiten (EFSA-NDA, 2017). Es kommt in Milch und Milchprodukten, Fleisch und Eiern vor (DGE, 2022). Wie bereits in Kapitel 3.3.12 erläutert wurde, ist Vitamin K als enzymatischer Kofaktor an verschiedenen physiologischen Prozessen wie der Blutgerinnung oder der Knochenmineralisierung beteiligt (EFSA-NDA, 2017).

3.3.13.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Vitamin K2

Die EFSA kam zu dem Schluss, dass die aktuelle Datenlage zu Vitamin K2 unzureichend ist, um einen DRV oder HGBV für Vitamin K2 ableiten zu können. Da sowohl Vitamin K1 als auch Vitamin K2 über den gleichen Mechanismus in physiologische Prozesse eingreifen, ist nicht bestätigt, dass zusätzlich zu dem Bedarf an Vitamin K1 ein Bedarf an Vitamin K2 besteht (EFSA, 2017). Deshalb wird auf einen Abgleich der Vitamin K2-Exposition mit HGBVs verzichtet.

3.3.13.2 Vitamin K2-Exposition über Lebensmittel für Kinder

Tabelle 56 zeigt die Vitamin K2-Exposition im mLb-Szenario. Die Gesamtexposition unterscheidet sich im Median weder nach Erzeugungsart noch nach Geschlecht (0,6 µg/kg KG und Tag). Im 95. Perzentil weisen Mädchen, bei vornehmlich konventioneller Lebensmittelauswahl, eine geringfügig höhere Exposition auf (1,7 µg/kg KG und Tag) als

Jungen. Bei vornehmlich biologischer Lebensmittelauswahl liegt die Exposition von Jungen marginal über der Exposition von Mädchen.

Unter den Hochexponierten (P95) weisen Kleinkinder (1–<3 Jahre) mit 1,7–2 µg/kg KG und Tag die höchste Vitamin K2-Exposition auf.

Tabelle 56: Vitamin K2-Exposition in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im mLb (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in µg/kg KG und Tag			
		Konventionell		Biologisch	
		P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	0,6	1,7	0,6	1,5
Jungen	481	0,6	1,5	0,6	1,5
Mädchen	471	0,6	1,7	0,6	1,4
0,5–<1 Jahr	57	0,8	1,5	0,5	1,0
1–<3 Jahre	308	0,8	2,0	0,7	1,7
3–<6 Jahre	588	0,6	1,5	0,5	1,4

N: Anzahl Kinder

„Milch und Milchprodukte“ tragen am stärksten zur Vitamin K2-Exposition bei (26–27 %). Es folgen die Lebensmittelhauptgruppen „Getreide und Getreideprodukte“ und „Speisen und Gerichte“ mit 12 bis 18 % (Abbildung 26). Am meisten tragen Kuhmilch, Omelette/Rührei und Butter zur Exposition gegenüber Vitamin K2 bei.

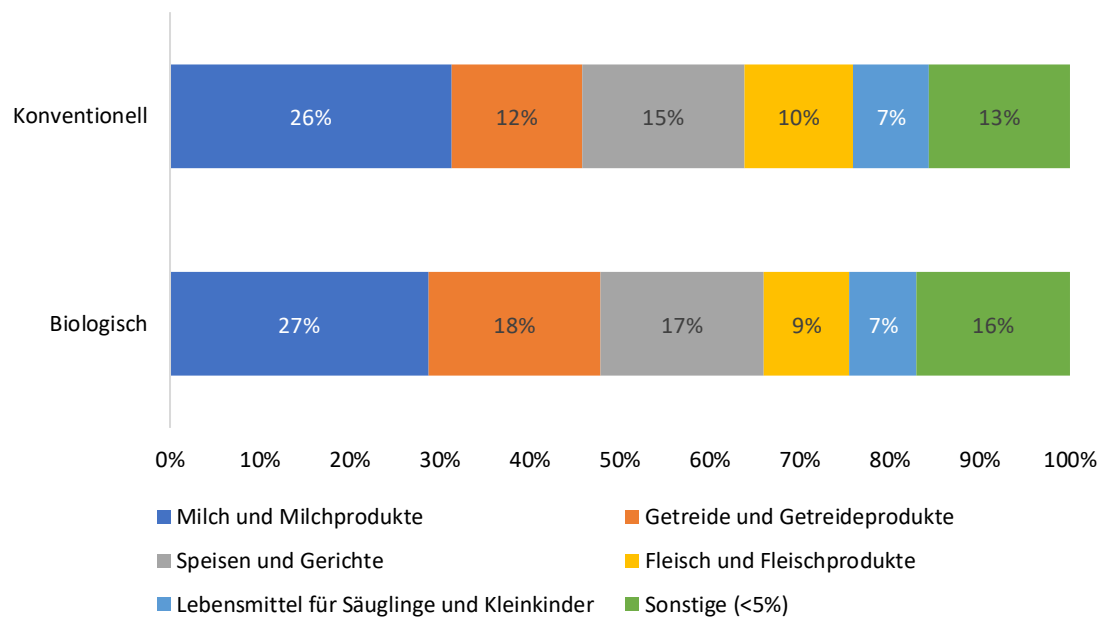


Abbildung 26: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Vitamin K2-Exposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im mLb (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.14 Zink

Als essenzielles Spurenelement erfüllt Zink neben strukturellen und regulatorischen auch katalytischen Aufgaben bei einer Vielzahl von Enzymen (SCF, 2003/2006b). Es ist von Bedeutung für Wachstum und Entwicklung, neurologische Funktionen, Wundheilung und die Immunfunktion (BfR, 2004). Die Zinkabsorption wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, wobei die Phytat-Konzentration der Nahrung den größten Einfluss auf die Bioverfügbarkeit hat (Hambidge et al., 2010). Aus diesem Grund wird Zink aus pflanzlichen Lebensmitteln meist schlechter resorbiert. Die Absorptionseffizienz bei Mischkost beträgt etwa 31 % (Haase et al., 2020). Studien deuten darauf hin, dass bei Kindern unter 50 Monaten jedoch die Phytat-Konzentration keinen Einfluss auf die Bioverfügbarkeit hat (Miller et al., 2015).

3.3.14.1 Ableitung des gesundheitsbasierten Richtwertes für Zink

Zink ist für viele physiologische und biochemische Vorgänge im Körper essenziell. Für erwachsene, nicht schwangere und nicht stillende Frauen liegt der tägliche Bedarf zwischen 6,2 und 10,5 mg/Tag, für Männer zwischen 7,5 und 12,7 mg/Tag. In derselben Größenordnung liegt in Europa auch die geschätzte mittlere tägliche Aufnahme. Eine übermäßige Aufnahme von Zink kann hauptsächlich aufgrund einer Interaktion mit der Aufnahme von Kupfer zu gesundheitlichen Schäden führen. Ein robuster Grenzwert existiert nicht, aber die EFSA hat eine Obergrenze für die tägliche Gesamtaufnahme (UL) für Erwachsene von 25 mg/Tag empfohlen (EFSA-NDA, 2014b). Hinsichtlich der Aufnahme durch Kinder

bezieht sich die EFSA auf den o. g. UL, welcher 2002 vom SCF abgeleitet wurde. Aufgrund fehlender Daten für Kinder und Jugendliche wurde der UL der Erwachsenen auf Basis der Körperoberfläche extrapoliert und auf 7 mg/Tag für 1- bis 3-Jährige bzw. 10 mg/Tag für 4- bis 6-Jährige festgelegt (SCF, 2003/2006b).

3.3.14.2 Zinkgehalte nach Lebensmittelgruppen der BfR-MEAL-Studie

Die Gehaltsdaten für Zink, stratifiziert nach unspezifischer, biologischer und konventioneller Erzeugung im mLB und UB, sind in Tabelle A-34 bis Tabelle A-36 im Anhang A2 dargestellt. Der Anteil linkszensierter Daten ist mit 2 % (13 von 840 Pools) gering.

Den höchsten medianen Zinkgehalt bei unspezifischer Erzeugung hat die Lebensmittelhauptgruppe „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“, gefolgt von „Fleisch und Fleischprodukte“. Die Lebensmittel mit den höchsten Gehalten innerhalb dieser Lebensmittelhauptgruppen sind „Kürbiskerne“ und „Schaf, Leber“.

Stratifiziert nach Art der Erzeugung weist den höchsten medianen Zinkgehalt die Lebensmittelhauptgruppe „Fleisch und Fleischprodukte“ auf. Die Lebensmittel mit den höchsten Gehalten in dieser Hauptgruppe sind „Schwein, Leber“ und „Rind, Fleisch“.

„Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder“ weisen mittlere Zinkgehalte auf. Das Lebensmittel mit dem höchsten Gehalt in dieser Lebensmittelhauptgruppe ist „Säuglingsmilchnahrung (Pulver)“ (stratifiziert nach Art der Erzeugung) und „Beikost: Hirse Getreidebrei (Pulver)“ (unspezifische Erzeugung).

3.3.14.3 Zinkexposition über Lebensmittel für Kinder

Die Tabelle 57 zeigt die Gesamtexposition von Zink für Kinder in der deutschen Bevölkerung im P50 und P95 im UB, stratifiziert nach bevorzugt biologischer bzw. konventioneller Lebensmittelauswahl. Dabei liegt die mediane Zufuhr bei 4,0 (biologische Lebensmittelauswahl) bzw. 3,9 mg/Tag (konventionelle Lebensmittelauswahl). Säuglinge zwischen 0,5 und 1 Jahr haben insgesamt die höchste Zinkzufuhr. Die geringste Exposition haben Kinder zwischen 1 und <3 Jahren. Im P95 unterscheidet sich die Zufuhrhöhe zwischen biologischem und konventionellem Szenario. Bei den 0,5- bis 1-Jährigen ist die Zinkzufuhr im konventionellen Szenario höher, während bei Kindern in den anderen Altersgruppen die Aufnahme im Szenario der vorwiegend biologischen Lebensmittelauswahl höher ist. Die Zinkexposition bei Jungen ist im Vergleich zu Mädchen geringfügig höher.

Tabelle 57: Zinkexposition in mg pro Tag (mg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Exposition in mg/Tag			
		Konventionell		Biologisch	
		P50	P95	P50	P95
Gesamt	952	3,9	6,0	4,0	6,3
Jungen	481	4,0	6,5	4,1	6,7
Mädchen	471	3,7	5,8	3,8	6,0
0,5–<1 Jahr	57	3,8	7,6	3,8	7,1
1–<3 Jahre	308	3,5	5,5	3,5	5,7
3–<6 Jahre	588	4,1	6,1	4,2	6,3

N: Anzahl Kinder

Den größten Anteil an der durchschnittlichen Gesamtexposition hat die Lebensmittelhauptgruppe „Getreide und Getreideprodukte“. Darauf folgen „Milch und Milchprodukte“ sowie „Speisen und Gerichte“. Unterschiede zwischen biologischem und konventionellem Szenario sind gering (Abbildung 27). Trotz der hohen Gehalte in der Gruppe „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ tragen diese aufgrund des geringen Verzehrs nicht wesentlich zur Zinkaufnahme bei.

Das Lebensmittel, welches unter den Verzehrenden mit Abstand am meisten zur Exposition beiträgt, ist die „Säuglingsmilchnahrung (Pulver)“. Daraus resultiert die im Vergleich zu den anderen Altersgruppen höhere Zinkzufuhr bei den 0,5- bis 1-Jährigen.

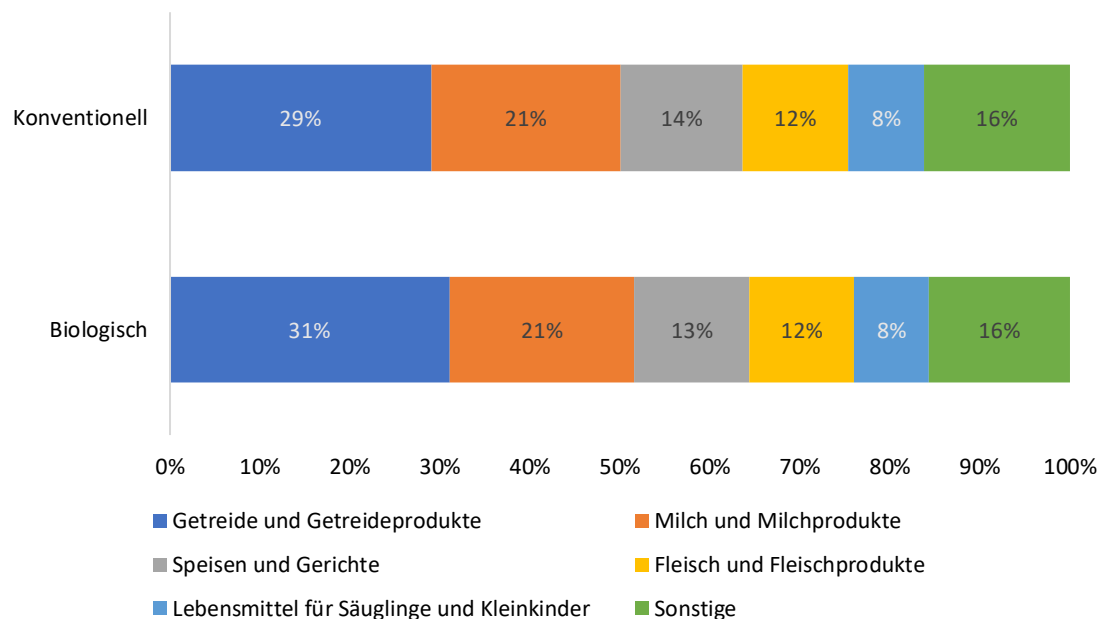


Abbildung 27: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Zinkexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

3.3.14.4 Vergleich der Exposition mit dem gesundheitsbasierten Richtwert für Zink

In Tabelle 58 sind die Ausschöpfung und Überschreitung der ULs für das Szenario der vorwiegend konventionellen bzw. biologischen Lebensmittelauswahl abgebildet. Da für Kinder <1 Jahr kein UL vom SCF abgeleitet wurde, wird diese Altersgruppe nicht dargestellt. Dabei bleibt allerdings zu berücksichtigen, dass Kinder zwischen 0,5 und <1 Jahr, bezogen auf ihr Körpergewicht, die höchste Exposition aufweisen, sodass anzunehmen ist, dass die Ausschöpfung dieser Altersgruppe die Ausschöpfung der anderen Altersgruppen übersteigt – davon ausgehend, dass der UL bezogen auf das Körpergewicht extrapoliert wurde (siehe Kapitel 3.3.14.1). Für Kinder zwischen 1 und <4 Jahren wird der UL von 7 mg/Tag im Median etwas über 50 %, im P95 etwa zu 80 % ausgeschöpft. In dieser Altersgruppe ist von einer Überschreitung des UL bei maximal 4 Kindern, dementsprechend 1 %, auszugehen.

Für Kinder zwischen 4 und <6 Jahren wird der UL von 10 mg/Tag im P50 zu etwas über 40 % ausgeschöpft, im P95 zu 62–65 %. Der UL wird in dieser Altersgruppe nicht überschritten.

Tabelle 58: Ausschöpfung (%) des UL von 7 bzw. 10 mg/Tag durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des UL (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)

	N	Konventionell				Biologisch			
		Ausschöpfung		Überschreitung		Ausschöpfung		Überschreitung	
		P50 (%)	P95 (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)	P50 (%)	P95 (%)	Anzahl (N)	Anteil (%)
Gesamt	952	45	72	3	0	47	75	4	0
Jungen	481	48	74	2	0	49	78	4	0
Mädchen	471	43	71	1	0	45	73	1	0
1–<4 Jahre ^a	482	51	79	3	1	53	82	4	1
4–<6 Jahre ^b	413	43	62	0	0	44	65	0	0

N: Anzahl Kinder; UL: Tolerable Upper Intake Level; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound

^a UL=7 mg/Tag

^b UL=10 mg/Tag

4 Unsicherheiten

Für die vorliegende Auswertung ergeben sich Unsicherheiten, die sich sowohl von der KiESEL-Studie als auch von der BfR-MEAL-Studie ableiten. Das stoffspezifische Design wird in den jeweiligen Kapiteln zu den einzelnen Stoffen angegeben.

Bezüglich der KiESEL-Studie kann der Ausschluss gestillter Kinder die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf alle Säuglinge einschränken. Auch der Erhebungszeitraum von drei aufeinanderfolgenden Tagen und einem unabhängigen Tag kann bei selten verzehrten Lebensmitteln die intra-individuelle Variabilität der Lebensmittelzufuhr nur eingeschränkt abbilden und den Verzehr für Kinder unterschätzen. Zudem liegt die Feldphase der KiESEL-Studie (2014 bis 2017) bereits mehrere Jahre zurück, sodass aktuelle Veränderungen im Ernährungsverhalten möglicherweise nicht abgebildet werden.

Die Einnahme von NEMs wurde in der KiESEL-Studie zwar erfasst, jedoch in der vorliegenden Auswertung nicht berücksichtigt. Dies kann insbesondere für Stoffe aus Kapitel 3.3 zu einer Unterschätzung der Gesamtexposition führen.

Sämtliche Abweichungen in der Exposition zwischen einer vornehmlich biologischen und konventionellen Lebensmittelauswahl beruhen auf Unterschieden in den Gehaltsdaten der Lebensmittel. Auf Verzehrsebene wird nicht zwischen individuellen Ernährungsgewohnheiten unterschieden.

Darüber hinaus weist die Stichprobe der KiESEL-Studie mit 83 % einen hohen Anteil an Kindern aus Familien mit mittlerem und hohem sozioökonomischem Status auf. Gleichzeitig ist der Anteil von Studienteilnehmenden mit Migrationshintergrund gering (2,5 %) (Nowak et al., 2022). Dies kann zur Einschränkung der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf einzelne Bevölkerungsgruppen führen.

Im Hinblick auf die BfR-MEAL-Studie kann die Berücksichtigung gepoolter Lebensmittelproben zu Unsicherheiten führen. Durch das Poolen von Lebensmittelproben kann der obere Bereich der Konzentrationsverteilung nicht beschrieben werden. Insbesondere bei markentreuen Verbrauchern, die bestimmte Produkte bevorzugen, kann dies zu einer Unter- oder Überschätzung der Exposition führen. Das individuelle Verbraucherverhalten kann nicht abgebildet werden. Obwohl der TDS-Ansatz die gängigsten Zubereitungsmethoden einer Bevölkerung berücksichtigt, können systematische Zubereitungs- und Kochmethoden oder die bevorzugte Nutzung bestimmter Küchenutensilien zu individuell höheren oder niedrigeren Expositionen führen.

Von den 356 Lebensmitteln der BfR-MEAL-Studie wurden 105 Lebensmittel nach biologischer und konventioneller Erzeugung stratifiziert beprobt. Die berechneten Expositionsszenarien berücksichtigen dabei die Gehaltsdaten der 105 stratifizierten Pools sowie die nicht nach Herstellung stratifizierten Lebensmittel (N=251). Individuen mit einer ausgeprägt biologischen oder ausgeprägt konventionell orientierten Ernährungsweise können daher ein abweichendes Expositionsmuster aufweisen.

Darüber hinaus deckt die Foodlist der BfR-MEAL-Studie zwar mehr als 90 %, jedoch weniger als 100 % des Verzehrs ab. Die Folge kann eine geringfügige Unterschätzung der Exposition sein. Weiterhin ist zu beachten, dass die Lebensmittelliste der BfR-MEAL-Studie auf Basis der früheren Kinderernährungsstudie VELS erstellt wurde. Für die Teilnehmenden der KiESEL-Studie konnte zwar bestätigt werden, dass die MEAL-Lebensmittelliste auch die neueren

Verzehrgewohnheiten zu insgesamt >90 % abdeckt, jedoch konnte das nicht für jede Lebensmittelhauptgruppe gezeigt werden (Kolbaum et al., 2023a). Beispielsweise wird der Verzehr der Lebensmittelhauptgruppe „Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate“ nur zu 30 % bis 58 % mit der bestehenden MEAL-Lebensmittelliste abgedeckt (Kolbaum et al., 2023b). Daher kann für Verzehrende der betroffenen Lebensmittelhauptgruppen die Exposition unterschätzt sein. Eine Ergänzung der MEAL-Lebensmittelliste zum Erreichen von mindestens 90 % Verzehrsabdeckung kann diese Unsicherheit in Zukunft reduzieren.

Das in der BfR-MEAL-Studie für die Zubereitung der Gerichte und Getränke verwendete Trinkwasser stammt aus der MEAL-Küche. Da die sehr feingliedrig zu betrachtende regional bedingte Variabilität von Trinkwassergehalten in einem TDS-Ansatz nur bedingt berücksichtigt werden kann, können sich für andere Regionen Deutschlands abweichende Expositionen, insbesondere für trinkwasserbasierte Lebensmittel (z. B. Tee oder Säuglingsmilchnahrung), ergeben.

Im Rahmen der Vitaminanalytik fand die Probenziehung im Großraum Berlin statt. Es können sich regional bedingte abweichende Expositionen ergeben, wenn vorwiegend regional erzeugte Produkte konsumiert werden.

5 Fazit

Dieser Bericht untersucht die lebensmittelbedingte langfristige Exposition von Kindern zwischen 6 Monaten und fünf Jahren in Deutschland (KiESEL-Studie) gegenüber 23 verschiedenen Stoffen basierend auf den Gehaltsdaten aus der BfR-MEAL-Studie, der ersten Total-Diet-Studie (TDS) für Deutschland.

Für etwa die Hälfte der Stoffe konnte ein Erreichen oder eine Überschreitung des HBGVs festgestellt werden. Dies betrifft Cadmium, die Gruppe der Dioxine & dl-PCBs, Kupfer, Nickel, Nitrat, Phosphor sowie Vitamin A/beta-Carotin. Zudem liegt der MOE für anorganisches Arsen bei unter eins für sämtliche Altersgruppen. Die Bleiexposition liegt mit MOE-Werten zwischen eins und vier ebenfalls nahe des toxikologischen Referenzpunktes. Dies bestätigen andere Ergebnisse aus dem Europäischen Raum, welche die Exposition von Kindern mit TDS-Daten berechneten. Die meisten dieser Überschreitungen wurden ebenfalls in der „Infant TDS“ aus Frankreich (ANSES, 2016) und/oder der irischen TDS berichtet (FSAI, 2016). Der vorliegende Bericht enthält keine vollständige Risikobewertung. Die hier beschriebenen Ergebnisse bestätigen weitgehend bereits vorliegende Befunde und können für weitergehende Bewertungen verwendet werden.

Für ein Viertel der untersuchten Stoffe liegt die Exposition unterhalb der HBGVs (Chrom, Calcium, Selen, Methylquecksilber, Mangan, Zink & Molybdän). Für andere Stoffe wiederum kann keine Aussage getroffen werden, da keine (anwendbaren) HBGVs festgelegt werden konnten (Vanadium, Kalium, Magnesium, Vitamin K, ndl-PCBs, Vitamin K1 & K2). Die mit diesem Bericht gelieferten Expositionsdaten könnten allerdings Grundlage für weitere Forschungsaktivitäten bei der Ableitung solcher Grenzwerte für diese Stoffe sein (z. B. Vanadium).

Der vorliegende Bericht liefert damit einen umfassenden Überblick über die Expositionslandschaft ausgewählter Stoffe bei Kindern in Deutschland. Die Verzehrdaten der KiESEL-Studie und die Gehaltsdaten der BfR-MEAL-Studie stellen die für Deutschland aktuell hochwertigste Informationsgrundlage hierfür dar. Die vorliegenden und perspektivisch möglichen weiteren Auswertungen belegen die Bedeutung dieser Studien für die Lebensmittelsicherheit in Deutschland.

6 Literaturverzeichnis

- ANSES, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (2016). Infant Total Diet Study (iTDS). Report 1 – ANSES Opinion: Summary and conclusions [English translation]. Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the dietary exposure of children under three years of age to certain substances / Collective expert appraisal: Summary and conclusions on "the infant total diet study (iTDS)". Reihe: Scientific Publications, The Director General, Hg., 35+49 S. Verfügbar unter: <https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2010SA0317RaEN.pdf> – Zugriff: 2024-12-13
- Appel KS, Jung C, Nowak N, Golsong N, Lindtner O (2021). Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln bei Säuglingen und (Klein-) Kindern in Deutschland – Ergebnisse der KiESEL-Studie [Intake of dietary supplements in infants and (young) children in Germany – Results of the KiESEL Study]. Ernährungs-Umschau, 68(12), 224–230. <https://doi.org/10.4455/eu.2021.048>
- ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2003). Toxicological Profile for Selenium. 457 S. Atlanta GA, USA: Department of Health and Human Services,, Public Health Service. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK600367/> – Zugriff: 2024-11-25
- ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2012). Toxicological Profile for Vanadium. 255 S. Atlanta GA, USA: Department of Health and Human Services, Public Health Service. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK592343/> – Zugriff: 2024-11-25
- ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2017). Toxicological Profile for Nitrate and Nitrite. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Hg., 324 S. Atlanta GA, USA. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK592479/> – Zugriff: 2024-11-25
- ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2024). Toxicological Profile for Nickel. 415 S. Atlanta GA, USA: Department of Health and Human Services, Public Health Service. Verfügbar unter: <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=245&tid=44> – Zugriff: 2024-11-25
- Banasiak U, Hesecker H, Sieke C, Sommerfeld C, Vohmann C (2005). Abschätzung der Aufnahme von Pflanzenschutzmittel-Rückständen in der Nahrung mit neuen Verzehrsmengen für Kinder [Estimation of the dietary intake of pesticide residues based on new consumption data for children]. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 48(1), 84–98. <https://doi.org/10.1007/s00103-004-0949-6>
- BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung: Domke A, Großklaus R, Niemann B, Przyrembel H, Richter K, Schmidt E, Weißenborn A, Wörner B, Ziegenhagen R (2004). Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln – Toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte. Teil II. BfR Wissenschaft, 04/2004 [323 S.]. Verfügbar unter: https://www.bfr.bund.de/cm/350/verwendung_von_mineralstoffen_in_lebensmitteln_bfr_wissenschaft_4_2004.pdf – Zugriff: 2024-11-25
- BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2014). Arsen in Reis und Reisprodukten. Stellungnahme Nr. 018/2015 des BfR vom 24.06.2014. 58 Seiten. Verfügbar unter: <https://www.bfr.bund.de/cm/343/arsen-in-reis-und-reisprodukten.pdf> – Zugriff: 2024-22-25
- BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2021a). Aktualisierte Höchstmengenvorschläge für Vitamine und Mineralstoffe in Nahrungsergänzungsmitteln und angereicherten

- Lebensmitteln. Stellungnahme Nr. 009/2021 des BfR vom 15. März 2021. 24 Seiten.
<https://doi.org/10.17590/20210315-143130>
- BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2021b). Höchstmengenvorschläge für Vitamin K in Lebensmitteln inklusive Nahrungsergänzungsmitteln. 6 Seiten. Verfügbar unter:
<https://www.bfr.bund.de/cm/343/hoechstmengenvorschlaege-fuer-vitamin-k-in-lebensmitteln-inklusive-nahrungsergaenzungsmitteln.pdf> – Zugriff: 2024-11-25
- BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2021c). Rückläufige Jodzufuhr in der Bevölkerung: Modellszenarien zur Verbesserung der Jodaufnahme. Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR vom 9. Februar 2021. 60 Seiten. Verfügbar unter:
<https://www.bfr.bund.de/cm/343/ruecklaeufige-jodzufuhr-in-der-bevoelkerung-modellszenarien-zur-verbesserung-der-jodaufnahme.pdf> – Zugriff: 2024-22-25
- BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2022a). Nickel: Schätzung der langfristigen Aufnahme über Lebensmittel auf Grundlage der BfR-MEAL-Studie. Mitteilung Nr. 033/2022 vom 22. November 2022. 24 Seiten. Verfügbar unter:
<https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/nickel-schaetzung-der-langfristigen-aufnahme-ueber-lebensmittel-auf-grundlage-der-bfr-meal-studie.pdf> – Zugriff: 2024-11-25
- BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2022b). Rückläufige Jodzufuhr in der Bevölkerung: Modellszenarien zur Verbesserung der Jodaufnahme bei Kindern und Jugendlichen. Stellungnahme Nr. 026/2022 des BfR vom 17. Oktober 2022. 51 Seiten.
<https://doi.org/10.17590/20221017-144528>
- BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2023). Keine wesentliche Nickel-Aufnahme über Algen als Lebensmittel. Stellungnahme 050/2023 vom 19. Oktober 2023.
<https://doi.org/10.17590/20231019-123253-0>
- BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2024a). Aktualisierung (2023): Höchstmengenvorschläge für Selen in Lebensmitteln inklusive Nahrungsergänzungsmitteln. Stellungnahme Nr. 010/2024 vom 22. Februar 2024. Aktualisiert die Anlage zu Selen der Stellungnahme Nr. 009/2021 vom 15. März 2021. 8 Seiten (2024-02-22). <https://doi.org/10.17590/20240222-142647-0>
- BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2024b). Aufnahme von Kupfer: In Spuren lebensnotwendig, in größeren Mengen riskant. Webseite. Verfügbar unter
https://www.bfr.bund.de/de/aufnahme_von_kupfer__in_spuren_lebensnotwendig__in_groesseren_mengen_riskant-313260.html – Zugriff: 2024-11-25.
- BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2024c). Bewertung der Ergebnisse aus der BfR-MEAL-Studie zu Cadmium. Stellungnahme [noch unveröffentlicht/ohne Datum]. Stand 2024-12-13: 26 Seiten.
- BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2024d). Methylquecksilber in Fisch und Meeresfrüchten – gesundheitliche Bewertung neuer Daten aus der BfR-MEAL-Studie. Stellungnahme 023/2022 vom 28. Mai 2024.
<https://doi.org/10.17590/20240528-102436-0>
- BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2025). BfR-MEAL-Studie: In den meisten Lebensmitteln wurde kein Vanadium nachgewiesen. Verfügbar unter: <https://m.bfr-meal-studie.de/cm/343/bfr-meal-studie-in-den-meisten-lebensmitteln-wurde-kein-vanadium-nachgewiesen.pdf> – Zugriff: 2025-09-25
- Burgard L, Jansen S, Spiegler C, Brettschneider A-K, Strassburg A, Alexy U, Storcksdieck genannt Bonsmann S, Ensenauer R, Heuer T (2023). Unfavorable nutrient intakes in children up to school entry age: Results from the nationwide German KiESEL study. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1302323 [11 S.].
<https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1302323>
- de Martin S & Restani P (2003). Determination of nitrates by a novel ion chromatographic method: occurrence in leafy vegetables (organic and conventional) and exposure

- assessment for Italian consumers. *Food Additives and Contaminants*, 20(9), 787–792. <https://doi.org/10.1080/0265203031000152415>
- DeVito M, Bokkers B, van Duursen MBM, van Ede K, Feeley M, Antunes Fernandes Gáspár E, Haws L, Kennedy S, Peterson RE, Hoogenboom R, Nohara K, Petersen K, Rider C, Rose M, Safe S, Schrenk D, Wheeler MW, Wikoff DS, Zhao B, van den Berg M (2024). The 2022 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for polychlorinated dioxins, dibenzofurans and biphenyls. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 146, 105525 [11 S.]. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2023.105525>
- DGE, Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2013). New reference values for calcium. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 63(3), 186–192. <https://doi.org/10.1159/000354482>
- DGE, Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2022). Referenzwert Vitamin K (Stand Ableitung: 2000). Webseite. Verfügbar unter <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/vitamin-k/> – Zugriff: 2024-11-18.
- DGE, Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2024a). Ausgewählte Fragen und Antworten zu Calcium. Webseite. Verfügbar unter <https://www.dge.de/gesunde-ernaehrung/faq/calcium/> – Zugriff: 09.09.2024.
- DGE, Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2024b). Referenzwert Vitamin A (Stand Ableitung: 2020). Webseite. Verfügbar unter <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/vitamin-a/> – Zugriff: 2024-07-24.
- EC-SCF, European Commission, Scientific Committee on Food (1995/1998). Opinion of the Scientific Committee for Food on Nitrates and Nitrite (22 September 1995). In: Reports of the Scientific Committee for Food (38th series), Reihe Food Science and Techniques, S. 1–33. Luxembourg, LU: European Commission, Directorate-General Industry. Verfügbar unter: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/98fbfa4c-b28a-4221-b814-c420e9109341> – Zugriff: 2024-11-25
- EFSA-ANS, European Food Safety Authority, Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food: Aguilar F, Dusemund B, Galtier P, Gilbert J, Gott DM, Grilli S, Gürtler R, König J, Lambré C, Larsen J-C, Leblanc J-C, Mortensen A, Parent-Massin D, Pratt I, Rietjens IMCM, Stankovic I, Tobback P, Verguieva T, Woutersen RA (2010). Scientific Opinion on the safety of trivalent chromium as a nutrient added for nutritional purposes to foodstuffs for particular nutritional uses and foods intended for the general population (including food supplements). *EFSA Journal*, 8(12), e1882 [46 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1882>
- EFSA-ANS, European Food Safety Authority, Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food: Mortensen A, Aguilar F, Crebelli R, di Domenico A, Dusemund B, Frutos MJ, Galtier P, Gott D, Gundert-Remy U, Lambré C, Leblanc J-C, Lindtner O, Moldeus P, Mosesso P, Oskarsson A, Parent-Massin D, Stankovic I, Waalkens-Berendsen I, Woutersen RA, Wright M, van den Brandt P, Fortes C, Merino L, Toldrà F, Arcella D, Christodoulidou A, Barrucci F, Garcia A, Pizzo F, Battacchi D, Younes M (2017). Re-evaluation of sodium nitrate (E 251) and potassium nitrate (E 252) as food additives. *EFSA Journal*, 15(6), e4787 [123 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4787>
- EFSA-CONTAM, European Food Safety Authority, Panel on Contaminants in the Food Chain (2005). Opinion of the Scientific Panel on contaminants in the food chain [CONTAM] related to the presence of non dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCB) in feed and food. *EFSA Journal*, 22(11), 284 [262 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.284>
- EFSA-CONTAM, European Food Safety Authority, Panel on Contaminants in the Food Chain: Alexander J, Benford D, Cockburn A, Cravedi J-P, Dogliotti E, di Domenico A, Fernández-Cruz ML, Fink-Gremmels J, Fürst P, Galli C, Grandjean P, Gzyl J, Heinemeyer G, Johansson N, Mutti A, Schlatter J, van Leeuwen R, van Peteghem C,

- Verger P (2008). Nitrate in vegetables – Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain. *EFSA Journal*, 6(6), e689 [79 S.].
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.689>
- EFSA-CONTAM, European Food Safety Authority, Panel on Contaminants in the Food Chain: Alexander J, Benford D, Cockburn A, Cravedi J-P, Dogliotti E, di Domenico A, Fernández-Cruz ML, Fürst P, Fink-Gremmels J, Corrado Lodovico Galli, Grandjean P, Gzyl J, Heinemeyer G, Johansson N, Mutti A, Schlatter J, van Leeuwen R, van Peteghem C, Verger P (2009). Scientific Opinion on cadmium in food. *EFSA Journal*, 7(3), e980 [139 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.980>
- EFSA-CONTAM, European Food Safety Authority, Panel on Contaminants in the Food Chain: Alexander J, Benford D, Boobis A, Ceccatelli S, Cravedi J-P, di Domenico A, Doerge D, Dogliotti E, Edler L, Farmer P, Filipič M, Fink-Gremmels J, Fürst P, Guerin T, Knutsen HK, Machala M, Mutti A, Schlatter J, van Leeuwen R (2010). Scientific Opinion on lead in food. *EFSA Journal*, 8(4), e1570 [151 S.].
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1570>
- EFSA-CONTAM, European Food Safety Authority, Panel on Contaminants in the Food Chain: Benford D, Ceccatelli S, Cottrill B, DiNovi M, Dogliotti E, Edler L, Farmer P, Fürst P, Hoogenboom LR, Knutsen HK, Lundebye Haldorsen A-K, Metzler M, Nebbia CS, O'Keefe M, Rietjens I, Schrenk D, Silano V, van Loveren H, Vleminckx C, Wester P (2012). Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal*, 10(12), e2985 [241 S.].
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2985>
- EFSA-CONTAM, European Food Safety Authority, Panel on Contaminants in the Food Chain: Benford D, Ceccatelli S, Cottrill B, DiNovi M, Dogliotti E, Edler L, Farmer P, Fürst P, Hoogenboom LR, Katrine Knutsen H, Lundebye A-K, Metzler M, Stefano Nebbia C, O'Keefe M, Rietjens I, Schrenk D, Silano V, van Loveren H, Vleminckx C, Wester P (2014). Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water. *EFSA Journal*, 12(3), e3595 [261 S.].
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3595>
- EFSA-CONTAM, European Food Safety Authority, Panel on Contaminants in the Food Chain: Knutsen HK, Alexander J, Barregård L, Bignami M, Brüschweiler B, Ceccatelli S, Cottrill B, Dinovi M, Edler L, Grasl-Kraupp B, Hogstrand C, Nebbia CS, Oswald IP, Petersen A, Rose M, Roudot A-C, Schwerdtle T, Vleminckx C, Vollmer G, Wallace H, Fürst P, Håkansson H, Halldorsson T, Lundebye A-K, Pohjanvirta R, Rylander L, Smith A, van Loveren H, Waalkens-Berendsen I, Zeilmaker M, Binaglia M, Gómez Ruiz JÁ, Horváth Z, Christoph E, Ciccolallo L, Ramos Bordajandi L, Steinkellner H, Hoogenboom L (2018). Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. *EFSA Journal*, 16(11), e05333 [331 S.].
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5333>
- EFSA-CONTAM, European Food Safety Authority, Panel on Contaminants in the Food Chain: Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, del Mazo J, Grasl-Kraupp B, Hogstrand C, Hoogenboom LR, Leblanc J-C, Nebbia CS, Ntzani E, Petersen A, Sand S, Schwerdtle T, Vleminckx C, Wallace H, Guérin T, Massanyi P, van Loveren H, Baert K, Gergelova P, Nielsen E (2020). Update of the risk assessment of nickel in food and drinking water. *EFSA Journal*, 18(11), e6268 [101 S.].
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6268>
- EFSA-CONTAM, European Food Safety Authority, Panel on Contaminants in the Food Chain: Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, del Mazo J, Grasl-Kraupp B, Hogstrand C, Hoogenboom LR, Leblanc J-C, Nebbia CS, Nielsen E, Ntzani E, Petersen A, Sand S, Vleminckx C, Wallace H, Barregård L, Benford D, Broberg K, Dogliotti E, Fletcher T, Rylander L, Cortiñas Abrahantes J, Gómez Ruiz JÁ, Steinkellner H, Tauriainen T,

- Schwerdtle T (2024). Update of the risk assessment of inorganic arsenic in food. EFSA Journal, 22, e8488 [191 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8488>
- EFSA-FAF, European Food Safety Authority, Panel on Food Additives and Flavourings: Younes M, Aquilina G, Castle L, Engel K-H, Fowler P, Frutos Fernandez MJ, Fürst P, Gürtler R, Husøy T, Mennes W, Moldeus P, Oskarsson A, Shah R, Waalkens-Berendsen I, Wölflle D, Aggett P, Cupisti A, Fortes C, Kuhnle G, Lillegaard IT, Scotter M, Giarola A, Rincon A, Tard A, Gundert-Remy U (2019). Re-evaluation of phosphoric acid–phosphates – di-, tri- and polyphosphates (E 338–341, E 343, E 450–452) as food additives and the safety of proposed extension of use. EFSA Journal, 17(6), e5674 [156 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5674>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Becker W, Brasseur D, Bresson J-L, Flynn A, Jackson AA, Lagiou P, Mingrone G, Moseley B, Palou A, Przyrembel H, Salminen S, Strobel S, van Loveren H (2004). Opinion of the Scientific Panel on Dietetic products, nutrition and allergies [NDA] related to the Tolerable Upper Intake Level of Vanadium. EFSA Journal, 2(3), e33 [22 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.33>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Becker W, Branca F, Brasseur D, Bresson J-L, Flynn A, Jackson AA, Lagiou P, Løvik M, Mingrone G, Moseley B, Palou A, Przyrembel H, Salminen S, Strobel S, van den Berg H, van Loveren H (2005a). Opinion of the Scientific Panel on Dietetic products, nutrition and allergies [NDA] on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of potassium. EFSA Journal, 3(3), e193 [19 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.193>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Becker W, Branca F, Brasseur D, Bresson J-L, Flynn A, Jackson AA, Lagiou P, Løvik M, Mingrone G, Moseley B, Palou A, Przyrembel H, Salminen S, Strobel S, van den Berg H, van Loveren H (2005b). Opinion of the Scientific Panel on Dietetic products, nutrition and allergies [NDA] related to the tolerable upper intake level of phosphorus. EFSA Journal, 3(8), e233 [19 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.233>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Agostoni C, Canani RB, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Korhonen H, la Vieille S, Marchelli R, Martin A, Naska A, Neuhäuser-Berthold M, Nowicka G, Sanz Y, Siani A, Sjödin A, Stern M, Strain S-JJ, Tetens I, Tomé D, Turck D, Verhagen H (2012). Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of calcium. EFSA Journal, 10(7), e2814 [44 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2814>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Agostoni C, Canani RB, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Korhonen H, la Vieille S, Marchelli R, Martin A, Naska A, Neuhäuser-Berthold M, Nowicka G, Sanz Y, Siani A, Sjödin A, Stern M, Strain S-JJ, Tetens I, Tomé D, Turck D, Verhagen H (2013a). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for manganese. EFSA Journal, 11(11), e3419 [44 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3419>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Agostoni C, Canani RB, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Korhonen H, la Vieille S, Marchelli R, Martin A, Naska A, Neuhäuser-Berthold M, Nowicka G, Sanz Y, Siani A, Sjödin A, Stern M, Strain S-JJ, Tetens I, Tomé D, Turck D, Verhagen H (2013b). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for molybdenum. EFSA Journal, 11(8), e3333 [35 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3333>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Agostoni C, Canani RB, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Korhonen H, la Vieille S, Marchelli R, Martin A, Naska A, Neuhäuser-Berthold M, Nowicka G, Sanz Y,

- Siani A, Sjödin A, Stern M, Strain S-JJ, Tetens I, Tomé D, Turck D, Verhagen H (2014a). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for chromium. *EFSA Journal*, 12(10), e3845. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3845>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Agostoni C, Canani RB, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Korhonen H, la Vieille S, Marchelli R, Martin A, Naska A, Neuhäuser-Berthold M, Nowicka G, Sanz Y, Siani A, Sjödin A, Stern M, Strain S-JJ, Tetens I, Tomé D, Turck D, Verhagen H (2014b). Scientific Opinion on dietary reference values for zinc. *EFSA Journal*, 12(10), e3844 [76 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3844>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Agostoni C, Canani RB, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Korhonen H, la Vieille S, Marchelli R, Martin A, Naska A, Neuhäuser-Berthold M, Nowicka G, Sanz Y, Siani A, Sjödin A, Stern M, Strain S-JJ, Tetens I, Tomé D, Turck D, Verhagen H (2015a). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for calcium. *EFSA Journal*, 13(5), e4101 [82 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4101>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Agostoni C, Canani RB, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Korhonen H, la Vieille S, Marchelli R, Martin A, Naska A, Neuhäuser-Berthold M, Nowicka G, Sanz Y, Siani A, Sjödin A, Stern M, Strain S-JJ, Tetens I, Tomé D, Turck D, Verhagen H (2015b). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for magnesium. *EFSA Journal*, 13(7), e4186 [63 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4186>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Agostoni C, Canani RB, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Korhonen H, la Vieille S, Marchelli R, Martin A, Naska A, Neuhäuser-Berthold M, Nowicka G, Sanz Y, Siani A, Sjödin A, Stern M, Strain S-JJ, Tetens I, Tomé D, Turck D, Verhagen H (2015c). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for phosphorus. *EFSA Journal*, 13(7), e4185 [54 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4185>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Agostoni C, Canani RB, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Korhonen H, la Vieille S, Marchelli R, Martin A, Naska A, Neuhäuser-Berthold M, Nowicka G, Sanz Y, Siani A, Sjödin A, Stern M, Strain S-JJ, Tetens I, Tomé D, Turck D, Verhagen H (2015d). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin A. *EFSA Journal*, 13(3), e4028 [84 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4028>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Turck D, Bresson J-L, Burlingame B, Dean T, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Hirsch-Ernst KI, Mangelsdorf I, McArdle H, Neuhäuser-Berthold M, Nowicka G, Pentieva K, Sanz Y, Siani A, Sjödin A, Stern M, Tomé D, van Loveren H, Vinceti M, Willatts P, Aggett P, Martin A, Przyrembel H, Brönstrup A, Ciok J, Gómez Ruiz JÁ, de Sesmaisons-Lecarré A, Naska A (2016). Dietary reference values for potassium. *EFSA Journal*, 14(10), e4592 [56 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4592>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies: Turck D, Bresson J-L, Burlingame B, Dean T, Fairweather-Tait S, Heinonen M, Hirsch-Ernst KI, Mangelsdorf I, McArdle HJ, Naska A, Nowicka G, Pentieva K, Sanz Y, Siani A, Sjödin A, Stern M, Tomé D, van Loveren H, Vinceti M, Willatts P, Lamberg-Allardt C, Przyrembel H, Tetens I, Dumas C, Fabiani L, Ioannidou S, Neuhäuser-Berthold M (2017). Dietary reference values for vitamin K. *EFSA Journal*, 15(5), e4780 [78 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4780>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens: Turck D, Bohn T, Castenmiller J, de Henauw S, Hirsch-Ernst K-I, Knutsen HK, Maciuk A, Mangelsdorf I, McArdle HJ, Pentieva K, Siani A, Thies F, Tsaouri S, Vinceti M, Bornhorst J, Cubadda F, Dopter A, FitzGerald R, de Sesmaisons Lecarré A,

- das Neves Ferreira P, Fabiani L, Horvath Z, Matijević L, Naska A (2023a). Scientific opinion on the tolerable upper intake level for manganese. *EFSA Journal*, 21(12), e8413. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8413>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens: Turck D, Bohn T, Castenmiller J, de Henauw S, Hirsch-Ernst KI, Knutsen HK, Maciuk A, Mangelsdorf I, McArdle HJ, Naska A, Peláez C, Pentieva K, Siani A, Thies F, Tsabouri S, Vinceti M (2023b). Scientific opinion on the tolerable upper intake level for selenium. *EFSA Journal*, 21(1), e7704 [194 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7704>
- EFSA-NDA, European Food Safety Authority, Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens: Turck D, Bohn T, Castenmiller J, de Henauw S, Hirsch-Ernst K-I, Knutsen HK, Maciuk A, Mangelsdorf I, McArdle HJ, Pentieva K, Siani A, Thies F, Tsabouri S, Vinceti M, Lietz G, Passeri G, Craciun I, Fabiani L, Horvath Z, Valtueña Martínez S, Naska A (2024). Scientific opinion on the tolerable upper intake level for preformed vitamin A and β -carotene. *EFSA Journal*, 22(6), e8814 [132 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8814>
- EFSA-SC, European Food Safety Authority, Scientific Committee: More SJ, Bampidis V, Benford D, Bragard C, Halldorsson TI, Hernández-Jerez AF, Hougaard Bennekou S, Koutsoumanis K, Lambré C, Machera K, Mullins E, Saxmose Nielsen S, Schlatter J, Schrenk D, Turck D, Younes M, Boon P, Ferns GAA, Lindtner O, Smolders E, Wilks M, Bastaki M, de Sesmaisons-Lecarré A, Ferreira L, Greco L, Kass GEN, Riolo F, Leblanc J-C (2023). Re-evaluation of the existing health-based guidance values for copper and exposure assessment from all sources. *EFSA Journal*, 21(1), e7728 [117 S.]. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7728>
- EFSA-SCF/NDA, European Food Safety Authority, Scientific Committee on Food & Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (2006). Tolerable Upper Intake Levels for Vitamins and Minerals. (ISSN 1831-4732; ISBN 92-9199-014-0). Verfügbar unter: http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa_rep/blobserver_assets/ndatolerableuil.pdf – Zugriff: 2025-11-25
- Fechner C, Hackethal C, Höpfner T, Dietrich J, Bloch D, Lindtner O, Sarvan I (2022). Results of the BfR MEAL Study: In Germany, mercury is mostly contained in fish and seafood while cadmium, lead, and nickel are present in a broad spectrum of foods. *Food Chemistry: X*, 14, 100326 [10 S.]. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100326>
- FSAI, Food Safety Authority of Ireland (2016). Report on a Total Diet Study carried out by the Food Safety Authority of Ireland in the period 2012 – 2014. Reihe: Monitoring and Surveillance Series Ireland FSAo, Hg. Verfügbar unter: <https://www.fsai.ie/getmedia/b96c171b-dce0-419b-a32e-43c3bce8e65a/tds-2014-final.pdf?ext=.pdf>
- Golsong N, Nowak N, Schweter A, Lindtner O (2017). KiESEL – die Kinder-Ernährungsstudie zur Erfassung des Lebensmittelverzehrs als Modul in KiGGS Welle 2. *Journal of Health Monitoring*, 2(S3), 29–37. <https://doi.org/10.17886/RKI-GBE-2017-100>
- Haase H, Ellinger S, Linseisen J, Neuhauser-Berthold M, Richter M, on behalf of the German Nutrition Society DGE (2020). Revised D-A-CH-reference values for the intake of zinc. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 61, 126536 [28 S.]. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126536>
- Hackethal C, Kopp JF, Sarvan I, Schwerdtle T, Lindtner O (2021). Total arsenic and water-soluble arsenic species in foods of the first German total diet study (BfR MEAL Study). *Food Chemistry*, 346, 128913 [10 S.]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128913>
- Hackethal C, Pabel U, Jung C, Schwerdtle T, Lindtner O (2023). Chronic dietary exposure to total arsenic, inorganic arsenic and water-soluble organic arsenic species based on

- results of the first German total diet study. *Sci Total Environ*, 859(Pt 1), 160261. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160261>
- Hambidge KM, Miller LV, Westcott JE, Sheng X, Krebs NF (2010). Zinc bioavailability and homeostasis. *Am J Clin Nutr*, 91(5), 1478S-1483S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.28674I>
- Heseker 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). Bericht: Forschungsbericht für das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, 71 S. Paderborn, DE: Universität Paderborn.
- Holleman AF (1985). Lehrbuch der anorganischen Chemie. Wiberg E (Hg.), 29+1451 Seiten. Berlin/Boston: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110838176>
- Hosseini M-J, Dezhangah S, Esmi F, Gharavi-Nakhjavani MS, Hashempour-Baltork F, Mirza Alizadeh A (2023). A worldwide systematic review, meta-analysis and meta-regression of nitrate and nitrite in vegetables and fruits. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 257, 114934 [12 S.]. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114934>
- IoM, Institute of Medicine: Food and Nutrition Board, Panel on Micronutrients, Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and of Interpretation and Uses of Dietary Reference Intakes, Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes (2001). Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. (0-309-07279-4 (pbk); 0-309-07290-5 (hc)), 773 S. Washington DC, USA: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/10026>
- IoM, Institute of Medicine: Food and Nutrition Board & Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium (2011). Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Ross AC, Taylor CL, Yaktine AL, del Valle HBS, Hgg., 662 S. Washington, DC: The National Academies Press. Verfügbar unter: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/13050/dietary-reference-intakes-for-calcium-and-vitamin-d> – Zugriff: 2024-11-25
- JECFA, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (2002). Evaluation of Certain Food Additives. Fifty-ninth report of the FAO / WHO Expert Committee on Food Additives. Reihe: WHO Technical Report Series, Band 913, 161 S. Geneva, CH: World Health Organization (WHO). Verfügbar unter: <https://www.who.int/publications/i/item/9241209135> – Zugriff: 2024-11-25
- JECFA, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (2011). Evaluation of certain contaminants in food - Seventy-second report of the FAO / WHO Expert Committee on Food Additives. Reihe: WHO Technical Report Series, Band 959. Geneva.
- Kolbaum AE, Ptok S, Jung C, Libuda L, Lindtner O (2023a). Reusability of Germany's total diet study food list upon availability of new food consumption data – Comparison of three update strategies. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 33(5), 794–804. <https://doi.org/10.1038/s41370-023-00522-4>
- Kolbaum AE, Sarvan I, Bakhiya N, Spolders M, Pieper R, Schubert J, Jung C, Hackethal C, Sieke C, Grünewald K-H, Lindtner O (2023b). Long-term dietary exposure to copper in the population in Germany – Results from the BfR MEAL study. *Food and Chemical Toxicology*, 176, 113759 [13 S.]. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113759>
- Kolbaum AE, Jung C, Jäger A, Libuda L, Lindtner O (2024). Assessment of long-term dietary cadmium exposure in children in Germany: Does consideration of data from total diet studies reduce uncertainties from food monitoring programmes? *Food and Chemical Toxicology*, 184, 114404 [12 S.]. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.114404>

- Krems C, Bauch A, Götz A, Heuer T, Hild A, Möseneder J, Brombach C (2006). Methoden der Nationalen Verzehrsstudie II [Methods of the National Nutrition Survey II]. Ernährungs Umschau, 53(2), 44–50. Verfügbar unter: <https://www.ernaehrungs-umschau.de/print-artikel/13-02-2006-methoden-der-nationalen-verzehrsstudie-ii/> – Zugriff: 2013-05-28
- Martín León V & Perez Luzardo O (2020). Evaluation of nitrate contents in regulated and non-regulated leafy vegetables of high consumption in the Canary Islands, Spain: Risk assessment. Food and Chemical Toxicology, 146, 111812. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111812>
- Miller LV, Hambidge KM, Krebs NF (2015). Zinc absorption is not related to dietary phytate intake in infants and young children based on modeling combined data from multiple studies. Journal of Nutrition, 145(8), 1763–1769. <https://doi.org/10.3945/jn.115.213074>
- Nowak N, Diouf F, Golsong N, Höpfner T, Lindtner O (2022). KiESEL – The Children’s Nutrition Survey to Record Food Consumption for the youngest in Germany. BMC Nutrition, 8(1), 64. <https://doi.org/10.1186/s40795-022-00527-6>
- Nuñez de González MT, Osburn WN, Hardin MD, Longnecker M, Garg HK, Bryan NS, Keeton JT (2015). A survey of nitrate and nitrite concentrations in conventional and organic-labeled raw vegetables at retail. Journal of Food Science, 80(5), C942–C949. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12858>
- Ptok S, Sarvan I, Schendel S, Stadion M, Berg T, Scherfling M, Steddin D, Greiner M, Lindtner O (2023). Was im Essen steckt. Abschlussbericht BfR-MEAL-Studie: Erste Total-Diet-Studie in Deutschland. Reihe: Wissenschaftsberichte, 28. Juli 2023, 99 S. Berlin, DE: Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR). Verfügbar unter: <http://www.bfr-meal-studie.de/cm/343/was-im-essen-steckt-abschlussbericht-bfr-meal-studie.pdf> – Zugriff: 2012-12-13
- Sachse B, Kolbaum AE, Ziegenhagen R, Andres S, Berg K, Dusemund B, Hirsch-Ernst KI, Kappenstein O, Müller F, Röhl C, Lindtner O, Lampen A, Schäfer B (2019). Dietary manganese exposure in the adult population in Germany – what does it mean in relation to health risks? Molecular Nutrition and Food Research, 63(16), 1900065 [29 S.]. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201900065>
- Sarvan I, Bürgelt M, Lindtner O, Greiner M (2017). Expositionsschätzung von Stoffen in Lebensmitteln: Die BfR-MEAL-Studie – die erste Total-Diet-Studie in Deutschland [Dietary exposure assessment of substances in foods. The BfR MEAL study – The first German total diet study]. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 60(7: Kontaminanten in Lebensmitteln), 689–696. <https://doi.org/10.1007/s00103-017-2566-1>
- Sarvan I, Kolbaum AE, Pabel U, Buhrke T, Greiner M, Lindtner O (2021). Exposure assessment of methylmercury in samples of the BfR MEAL Study. Food and Chemical Toxicology, 149, 112005 [8 S.]. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112005>
- SCF, Scientific Committee on Food (2001/2006). Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Magnesium (expressed on 26 September 2001). In: EFSA Scientific Committee on Food & Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (Hg.), Tolerable Upper Intake Levels for Vitamins and Minerals, S. 107–116. Parma, IT: European Food Safety Authority (EFSA). Verfügbar unter: https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa_rep/blobserver_assets/ndatolerableuil.pdf
- SCF, Scientific Committee on Food (2002/2006). Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Iodine (expressed on 26 September 2002). In: EFSA Scientific Committee on Food & Panel on Dietetic Products, Nutrition

- and Allergies (Hg.), Tolerable Upper Intake Levels for Vitamins and Minerals, S. 135–150. Parma, IT: European Food Safety Authority (EFSA). Verfügbar unter: https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa_rep/blobserver_assets/ndatolerableuil.pdf – Zugriff: 2024-11-25
- SCF, Scientific Committee on Food (2003/2006a). Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Vitamin K (expressed on 4 April 2003). In: EFSA Scientific Committee on Food & Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (Hg.), Tolerable Upper Intake Levels for Vitamins and Minerals, S. 253–259. Parma, IT: European Food Safety Authority (EFSA). Verfügbar unter: https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa_rep/blobserver_assets/ndatolerableuil.pdf – Zugriff: 2024-11-25
- SCF, Scientific Committee on Food (2003/2006b). Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Zinc (expressed on 5 March 2003). In: EFSA Scientific Committee on Food & Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (Hg.), Tolerable Upper Intake Levels for Vitamins and Minerals, S. 192–201. Parma, IT: European Food Safety Authority (EFSA). Verfügbar unter: https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa_rep/blobserver_assets/ndatolerableuil.pdf – Zugriff: 2024-11-25
- Schendel S, Berg T, Scherfling M, Dröber C, Ptok S, Weißenborn A, Lindtner O, Sarvan I (2022). Results of the BfR MEAL Study: Highest levels of retinol found in animal livers and of β -carotene in yellow-orange and green leafy vegetables. Food Chemistry: X, 16, 100458 [9 S.]. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100458>
- Schwerbel K, Tungerthal M, Nagl B, Niemann B, Drosser C, Bergelt S, Uhlig K, Höpfner T, Greiner M, Lindtner O, Sarvan I (2022). Results of the BfR MEAL Study: The food type has a stronger impact on calcium, potassium and phosphorus levels than factors such as seasonality, regionality and type of production. Food Chemistry: X, 13, 100221 [9 S.]. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100221>
- Stadion M, Hackethal C, Blume K, Wobst B, Abraham K, Fechner C, Lindtner O, Sarvan I (2022). The first German total diet study (BfR MEAL Study) confirms highest levels of dioxins and dioxin-like polychlorinated biphenyls in foods of animal origin. Food Chemistry: X, 16, 100459 [9 S.]. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100459> (corrigendum: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100717>)
- Stadion M, Bergelt S, Berg T, Klook A-L, Lindtner O, Sarvan I (2024). Unterschätzte Spurenelemente? Gehaltsdaten für Chrom, Mangan, Molybdän und Selen in Lebensmitteln der BfR-MEAL-Studie. Ernährungs-Umschau, 71(10), M574–M581. <https://doi.org/10.4455/eu.2024.036>
- Strohm D, Ellinger S, Leschik-Bonnet E, Maretzke F, Heseker H, German Nutrition Society DGE (2017). Revised reference values for potassium intake. Annals of Nutrition and Metabolism, 71(1-2), 118–124. <https://doi.org/10.1159/000479705>
- Täufel A, Ternes W, Tunger L, Zobel M, Hgg. (2006). Lexikon der Lebensmittel und der Lebensmittelchemie, X+2134 Seiten. Stuttgart, DE: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- UBA, Umweltbundesamt (2019). Magnesium Factsheet. 9 Seiten. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/factsheet-magnesium_fi_barrierefrei.pdf – Zugriff: 2024-11-25
- US EPA, United States Environmental Protection Agency (2009). Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values for Vanadium. Vanadium and Its Soluble Inorganic Compounds Other Than Vanadium Pentoxide (CASRN 7440-62-2 and Others). Derivation of Subchronic and Chronic Oral RfDs. Bericht: EPA/690/R-09/070F, 60 S. Cincinnati OH, USA. Verfügbar unter: <https://cfpub.epa.gov/ncea/pprtv/documents/Vanadium.pdf> – Zugriff: 2024-11-25

- VO EG-889/2008: Verordnung (EG) Nr. 889/2008 der Kommission vom 5. September 2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32008R0889>
- VO EG-1333/2008: Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Lebensmittelzusatzstoffe. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=celex%3A32008R1333>
- VO EU-2018/848: Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32018R0848>
- VO EU-2023/915: Verordnung (EU) 2023/915 der Kommission vom 25. April 2023 über Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX%3A32023R0915>
- WHO & FAO, World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations (2016). Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Supplement 1: Non-dioxin-like polychlorinated biphenyls. Prepared by the eightieth meeting of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Reihe: WHO Food Additives Series, World Health Organization WHO, Hg., Band 71-S1. Verfügbar unter: <https://iris.who.int/handle/10665/246225>
- WHO, World Health Organization, Department of Public Health, Environmental and Social Determinants of Health (2019). Preventing disease through healthy environments – Exposure to dioxins and dioxin-like substances: A major public health concern. Verfügbar unter: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/329485/who-ced-phe-epe-19.4.4-eng.pdf?sequence=1>

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewählte Stoffe der BfR-MEAL-Studie für die Expositionsschätzung an Kindern zwischen 0,5 und fünf Jahren in der Bevölkerung Deutschlands	13
Tabelle 2: Übersicht der berücksichtigten HBGVs/toxikologischen Referenzwerte	15
Tabelle 3: Probenstruktur des Basismoduls der BfR-MEAL-Studie (Anzahl an Lebensmitteln; Anzahl an Poolproben in Klammern) (modifiziert nach Ptok et al. (2023))	18
Tabelle 4: Gesamtarsenexposition in μg pro kg Körpergewicht und Tag ($\mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	20
Tabelle 5: Aufnahme von anorganischem Arsen in μg pro kg Körpergewicht und Tag ($\mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder). In Proben ohne separate Messung des Anteiles anorganischen Arsens wurde angenommen, dass 50 % des Gesamtarsens aus anorganischem Arsen bestehen.	21
Tabelle 6: Margin of Exposure für anorganisches Arsen (basieren auf dem BMDL_{05} von $0,06 \mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Tag und der ermittelten Exposition) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel sowie Anzahl (N) und Anteil (%) von Kindern für die ein $\text{MOE} \leq 1$ berechnet wurde (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder). In Proben ohne separate Messung des Anteiles anorganischen Arsens wurde angenommen, dass 50 % des Gesamtarsens aus anorganischem Arsen besteht.	24
Tabelle 7: Bleiexposition in μg pro kg Körpergewicht und Tag ($\mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	25
Tabelle 8: Margin of Exposure (basierend auf dem BMDL_{01} von $0,5 \mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Tag und der ermittelten Exposition) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	27
Tabelle 9: Cadmiumexposition in μg pro kg Körpergewicht und Woche ($\mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Woche) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	29
Tabelle 10: Ausschöpfung (%) des TWI von $2,5 \mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Woche durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des TWI (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	30
Tabelle 11: WHO-PCDD/F-PCB-TEQ (WHO-TEF 2022)-Exposition in pg pro kg Körpergewicht und Tag ($\text{pg}/\text{kg KG}$ und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	33
Tabelle 12: Ausschöpfung des TWI von $2 \text{ pg}/\text{kg KG}$ und Woche in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	35
Tabelle 13: Anzahl (N) und Anteil (%) von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands mit einer Exposition oberhalb des TWI von $2 \text{ pg}/\text{kg KG}$ und Woche (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder) ..	36
Tabelle 14: Methylquecksilberexposition in μg pro kg Körpergewicht und Woche ($\mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Woche) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nur Verzehrende von Fisch und Meeresfrüchten; nicht gestillte Kinder)	37
Tabelle 15: Ausschöpfung (%) des TWI von $1,3 \mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Woche durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des TWI (Basis: KiESEL; nur Verzehrende von Fisch und Meeresfrüchten; nicht gestillte Kinder)	38
Tabelle 16: ndl-PCB-Exposition ($\Sigma 6\text{PCB}$) in ng pro kg Körpergewicht und Tag ($\text{ng}/\text{kg KG}$ und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	40
Tabelle 17: Nickerexposition in μg pro kg Körpergewicht und Tag ($\mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	43
Tabelle 18: Ausschöpfung des TDI von $13 \mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	45
Tabelle 19: Anzahl (N) und Anteil (%) von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands mit einer Exposition oberhalb des TDI von $13 \mu\text{g}/\text{kg KG}$ und Tag (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	45

Tabelle 20: Nitratexposition in mg pro kg Körpergewicht und Tag (mg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	47
Tabelle 21: Ausschöpfung (%) des ADI von 3,7 mg/kg KG und Tag durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des ADI (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	49
Tabelle 22: Vanadiumexposition in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	50
Tabelle 23: Probenstruktur des Nährstoffmoduls der BfR-MEAL-Studie (Anzahl an Lebensmitteln; Anzahl an Poolproben in Klammern) (modifiziert nach Ptok et al. (2023))	53
Tabelle 24: Referenzzufuhrmengen und UL für Calcium für die Altersgruppen der KiESEL-Studie (mg/Tag) nach (DGE, 2013; EFSA-NDA, 2012, 2015a; IoM, 2011)	55
Tabelle 25: Calciumexposition in mg pro Tag (mg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	56
Tabelle 26: Ausschöpfung des UL von 2.500 bzw. 1.500 mg/Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	58
Tabelle 27: Chromexposition in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	59
Tabelle 28: Ausschöpfung des TDI von 300 µg/kg KG und Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands bei Annahme von 100 % Cr(III) (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	61
Tabelle 29: Jodexposition in µg pro Tag (µg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands ohne und mit Verwendung von Jodsalz im Haushalt (HH) bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder) (BfR (2022b); Tabelle 8)	62
Tabelle 30: Ausschöpfung (%) des UL von 200 bzw. 250 µg/Tag durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des UL ohne und mit Verwendung von Jodsalz im Haushalt (HH) bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder) (BfR (2022b); Tabelle 8)	63
Tabelle 31: Referenzzufuhrmengen für Kalium für die Altersgruppen der KiESEL-Studie (mg/Tag) nach Strohm et al. (2017) und EFSA-NDA (2016)	65
Tabelle 32: Kaliumexposition in mg pro Tag (mg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	66
Tabelle 33: Kupferexposition in mg pro kg Körpergewicht und Tag (mg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	69
Tabelle 34: Ausschöpfung des ADI von 0,07 mg/kg KG und Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	71
Tabelle 35: Anzahl (N) und Anteil (%) von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands mit einer Exposition oberhalb des ADI von 0,07 mg/kg KG (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder).	71
Tabelle 36: Magnesiumexposition in mg pro Tag (mg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	72
Tabelle 37: Manganexposition in mg pro Tag (mg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	75
Tabelle 38: Ausschöpfung (%) des SLI durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des SLI (Basis: KiESEL; nicht gestillt)	77
Tabelle 39: Molybdänexposition in µg/Tag (µg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	79
Tabelle 40: Ausschöpfung des UL von 100 bzw. 200 µg/Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	81
Tabelle 41: Anzahl (N) und Anteil (%) von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands mit einer Exposition oberhalb des UL von 100 bzw. 200 µg/Tag (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	81
Tabelle 42: Referenzzufuhrmengen für Phosphor für die Altersgruppen der KiESEL-Studie (mg/Tag) nach EFSA-NDA (2015c)	82
Tabelle 43: Phosphorexposition in mg pro Kilogramm Körpergewicht und Tag (mg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	84

Tabelle 44: Ausschöpfung des ADI von 40 mg/kg KG und Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	85
Tabelle 45: Anzahl (N) und Anteil (%) von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands mit einer Exposition oberhalb des ADI von 40 mg/kg KG und Tag (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	86
Tabelle 46: UL-Werte für die nahrungsbedingte Selenaufnahme in µg/Tag der (EFSA-NDA, 2023b)	87
Tabelle 47: Selenexposition in µg pro Tag (µg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	88
Tabelle 48: Ausschöpfung des UL von 55, 70 bzw. 95 µg/Tag in % durch die Exposition von Kindern in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	90
Tabelle 49: Referenzzufuhrmengen für Vitamin A für die Altersgruppen der KiESEL-Studie (µg RE/Tag) nach EFSA-NDA (2015d) und DGE (2024b).	91
Tabelle 50: Obergrenzen für die tägliche Gesamtzufuhr (UL) von vorgebildetem Vitamin A für die Altersgruppen der KiESEL-Studie (µg RE/Tag) (EFSA-NDA, 2024).	91
Tabelle 51: Vitamin A-Exposition ^a in µg RE pro Tag (µg RE/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder).	93
Tabelle 52: Exposition gegenüber vorgebildetem Vitamin A in µg RE pro Tag (µg RE/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	93
Tabelle 53: Ausschöpfung (%) des UL von 600 bis 1.100 µg RE/Tag durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des UL (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	96
Tabelle 54: Referenzzufuhrmengen für Vitamin K für die Altersgruppen der KiESEL-Studie (µg/Tag) nach (EFSA-NDA, 2017) und (DGE, 2022)	97
Tabelle 55: Vitamin K1-Exposition in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im mLB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	98
Tabelle 56: Vitamin K2-Exposition in µg pro kg Körpergewicht und Tag (µg/kg KG und Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im mLB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	100
Tabelle 57: Zinkexposition in mg pro Tag (mg/Tag) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	103
Tabelle 58: Ausschöpfung (%) des UL von 7 bzw. 10 mg/Tag durch die Exposition von Kindern im UB sowie Anzahl (N) und Anteil (%) der Kinder mit einer Exposition oberhalb des UL (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	105

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: (A) Höhe der Exposition im Vergleich zum HBGV ausgewählter Kontaminanten in den jeweiligen Altersgruppen und über beide Geschlechter (Basis: KiESEL; vorwiegend konventionelle Lebensmittelauswahl; hochexponierte Kinder [P95]). (B) Margin of Exposure (MOE) für Asen und Blei für die jeweiligen Altersgruppen und über beide Geschlechter (Basis: KiESEL; vorwiegend konventionelle Lebensmittelauswahl; hochexponierte Kinder [P95]). HBGV: Health-based guidance value; MOE: Margin of Exposure; n.b.: nicht bestimmt ^a Ergebnisse beruhen auf der Stellungnahme des BfR über die Jodzufuhr bei Kindern und Jugendlichen (BfR, 2022b) ^b Berücksichtigung von Verzehrenden von Fisch (N=279) ^c Berücksichtigung der Altersgruppen 0–<1 Jahr; 1–<4 Jahre; 4–<6 Jahre ^d kein HBGV verfügbar ^e nicht bestimmt aufgrund zu geringer Anzahl an Verzehrenden (N=2)	7
Abbildung 2: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Gesamtarsenexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	22
Abbildung 3: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Exposition gegenüber anorganischem Arsen für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	23
Abbildung 4: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Bleiexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	26
Abbildung 5: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Cadmiumexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	29
Abbildung 6: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen WHO-PCDD/F-PCB-TEQ (WHO-TEF 2022)-Exposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im mLB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	34
Abbildung 7: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen WHO-PCDD/F-PCB-TEQ (WHO-TEF 2022)-Exposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	34
Abbildung 8: Anteil der MEAL-Lebensmittel an der durchschnittlichen Methylquecksilberexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: KiESEL; nur Verzehrende von Fisch und Meeresfrüchten; nicht gestillte Kinder)	38
Abbildung 9: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen ndl-PCB-Exposition (Σ6PCB) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	41
Abbildung 10: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Niclexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	44
Abbildung 11: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Nitratexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	48
Abbildung 12: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Vanadiumexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	51
Abbildung 13: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Calciumexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	57

Abbildung 14: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Chromexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	60
Abbildung 15: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Jodexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	64
Abbildung 16: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Kaliumexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	67
Abbildung 17: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Kupferexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	70
Abbildung 18: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Magnesiumexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	73
Abbildung 19: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Manganexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	76
Abbildung 20: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Molybdänexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	80
Abbildung 21: Anteil der Lebensmittelkategorien an der durchschnittlichen Phosphorexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel im mLb (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	84
Abbildung 22: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Selenexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	89
Abbildung 23: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Vitamin A-Exposition (berechnet als RE unter Berücksichtigung von Gehaltsdaten von vorgebildetem Vitamin A und beta-Carotin) für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	94
Abbildung 24: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Exposition von vorgebildetem Vitamin A für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	95
Abbildung 25: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Vitamin K1-Exposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im mLb (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	99
Abbildung 26: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Vitamin K2-Exposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im mLb (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	101
Abbildung 27: Anteil der Lebensmittelhauptgruppen an der durchschnittlichen Zinkexposition für Kinder in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell oder biologisch erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: KiESEL; nicht gestillte Kinder)	104

9 Anhang

A1 Anpassungen der Gehaltsdaten zu Nitrat

Aufgrund von Qualitätssicherungsmaßnahmen konnten 27 Lebensmittelpools identifiziert werden, deren gemessene Nitratgehalte als unplausibel einzustufen sind. Für 15 dieser Lebensmittelpools konnte der unplausible Nitratgehalt durch den durchschnittlichen Nitratgehalt der anderen Lebensmittelpools des gleichen Lebensmittels ersetzt werden. Bei den übrigen 12 Lebensmittelpools wurden die unplausiblen Nitratgehalte beibehalten, da keine weiteren Pools des gleichen Lebensmittels mit plausiblen Nitratgehalten zur Verfügung standen. Eine Übersicht der angepassten Nitratgehalte befindet sich in der nachfolgenden Tabelle.

Auflistung der Pools mit auffälligen Nitratgehalten unter Angabe des ursprünglich bestimmten Nitratgehaltes und des neuen Nitratgehaltes – abgeleitet vom durchschnittlichen Nitratgehalt der anderen Pools des gleichen Lebensmittels.

Poolname	Unplausibler Nitratgehalt (mg / kg)	Angepasster Nitratgehalt (mg / kg)
Blätterteig- und Plundergebäck	<LOD	20,04
Eierpfannkuchen, Frischeiwaffel	12,11	1,73
Mehrkornbrot, mit/ohne Ölsaaten	<LOD	43,56
Mohnkuchen, Mohngebäck	<LOD	13,76
Salzkartoffeln (geschält)	702,39	78,71
Pellkartoffeln (ungeschält) (Saison 1, biologisch)	<LOQ	137,72
Pellkartoffeln (ungeschält) (Saison 1, konventionell)	<LOQ	137,72
Erdbeeren (Region Ost)	9,23	60,13
Erdbeeren (Region West)	15,06	60,13
Speisequark	46,94	<LOD
Hühnerei	4,92	<LOQ
Gummibonbons	41,92	1,43
Brot überbacken	<LOD	9,78
Omelett, Rührei	<LOD	6,82
Pilzsuppe	0,39	20,76

A2 Gehaltsdatentabellen ausgewählter Stoffe der BfR-MEAL-Studie

Tabelle A-1: Arsengehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei unspezifischer Erzeugung in µg/kg (modifiziert nach Hackethal et al. (2021))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	25	0	3,38	14,00	1,00	6,00	14,00	Verarbeitete Frühstückscerealien
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	21	1,00	2,88	2.500	2,00	3,00	2.500	Algen
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	1,00	2,38	5,00	2,00	3,88	10,00	Batate (Süßkartoffel) ^a
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	16	2,00	3,75	33,50	2,50	10,00	33,50	Pistazie
05 Obst und Obstprodukte	15	0	2,00	8,00	1,00	2,63	12,00	Weinbeeren
06 Fleisch und Fleischprodukte	23	0	2,00	12,00	1,00	2,00	12,00	Wildfleisch (Hirsch, Reh)
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30	10,00	1.225	6.150	10,00	1.225	6.150	Plattfische (Scholle, Seezunge)
08 Milch und Milchprodukte	16	0	2,00	7,25	1,00	2,00	7,25	Schmelzkäse
09 Eier und Eierprodukte	0	-	-	-	-	-	-	-
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	12	0	2,00	17,25	2,00	10,00	17,25	Lakritze
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	2,00	2,00	2,00	10,00	10,00	10,00	n.b. ^b
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	8	0	1,00	4,00	1,00	2,00	4,00	Multivitamin Fruchtnektar
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	6	0	0	0,67	0,70	1,00	1,67	n.b. ^c
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	6	0	3,00	39,50	1,00	4,25	39,50	Kakaopulver
15 Alkoholische Getränke	5	0	1,00	1,50	1,00	2,00	6,00	Weinhaltige Getränke
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	7	0	2,00	20,50	1,00	3,50	20,50	Getreidebrei (Hirse) (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	6	2,00	5,13	11,00	2,00	5,13	11,00	Reisdrink
18 Speisen und Gerichte	31	1,00	3,00	325,00	2,00	3,00	325,00	Sushi
19 Würzmittel und Soßen	16	0	3,38	19,00	1,00	3,38	19,00	Pesto

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt,

^a sämtliche Messungen <LOQ (0,01 mg/kg); ^b sämtliche Messungen <LOQ (0,01 mg/kg) bzw. <LOD (0,002 mg/kg); ^c sämtliche Messungen <LOQ (0,002 mg/kg) bzw. <LOD (0,001 bzw. 0,0007 mg/kg)

Tabelle A-2: Arsengehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei konventioneller Erzeugung in µg/kg (modifiziert nach Hackethal et al. (2021))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	2,00	5,50	130,00	2,00	6,38	130,00	Reiswaffeln
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	0	3,50	17,25	1,00	3,50	17,25	Küchenkräuter frisch
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	0,63	2,00	4,50	1,44	2,50	4,50	Kartoffeln ungeschält gekocht
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	2,00	4,25	42,50	3,50	7,50	42,50	Gewürze trocken
05 Obst und Obstprodukte	7	0	1,50	2,00	1,00	2,00	2,25	Apfel roh
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	0,50	2,63	5,75	1,50	2,63	5,75	Rind Leber gegart
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	0	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	n.b. ^a
09 Eier und Eierprodukte	2	0,75	0,81	0,88	1,75	1,81	1,88	n.b. ^a
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	2,00	2,00	2,00	10,00	10,00	10,00	n.b. ^b
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	1,00	2,00	2,00	6,00	10,00	n.b. ^c
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0	1,50	3,00	1,00	2,00	3,00	Apfel Fruchtsaft
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0	0	3,50	1,00	1,00	3,50	Kaffee Getränk
15 Alkoholische Getränke	3	1,00	1,50	3,00	2,00	2,00	3,00	Weißwein/Schauwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	2,50	12,25	25,50	4,00	13,50	25,50	Getreidebrei (Säuglingsmilchnahrung, Wasser) (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	0,44	2,83	25,00	1,44	2,83	25,00	Milchreis
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^a sämtliche Messungen <LOQ (0,002 mg/kg) bzw. <LOD (0,001 mg/kg); ^b sämtliche Messungen <LOQ (0,01 mg/kg); ^c sämtliche Messungen <LOQ (0,01 mg/kg)

Tabelle A-3: Arsengehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei biologischer Erzeugung in µg/kg (modifiziert nach Hackethal et al. (2021))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	1,50	4,50	100,00	2,00	5,00	100,00	Reiswaffeln
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	0,50	4,00	14,00	1,50	4,00	14,00	Gurke
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	1,00	2,00	2,75	2,00	2,25	2,75	Kartoffeln ungeschält gekocht
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	2,00	5,00	26,75	3,00	8,50	26,75	Gewürze trocken
05 Obst und Obstprodukte	7	0,50	1,50	2,00	1,50	2,00	2,50	Weintrauben roh
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	1,00	2,20	10,50	2,00	2,45	10,50	Rind Leber gegart
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	0,50	1,00	2,50	1,50	2,00	3,00	Schnittkäse
09 Eier und Eierprodukte	2	1,75	1,75	1,75	2,00	2,13	2,25	Spiegelei/Hühnerei gebraten
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0	2,00	2,00	2,00	10,00	10,00	n.b. ^a
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	1,00	2,00	2,00	6,00	10,00	n.b. ^a
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0	0	0	1,00	1,00	1,00	n.b. ^b
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0	0	5,00	1,00	1,00	5,00	Kaffee Getränk
15 Alkoholische Getränke	3	1,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	Bier
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	3,00	9,13	27,50	3,00	11,13	27,50	Getreidebrei (Säuglingsmilchnahrung, Wasser) (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	1,25	3,25	32,50	2,00	3,25	32,50	Milchreis
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^a sämtliche Messungen <LOQ (0,01 mg/kg) bzw. <LOD (0,002 mg/kg); ^b sämtliche Messungen <LOD (0,001 mg/kg)

Tabelle A-4: Bleigehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei unspezifischer Erzeugung in µg/kg (modifiziert nach Fechner et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	25	0,88	4,75	12,00	2,00	4,75	12,00	Lebkuchen/Printen/Pfeffernüsse
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	21	1,13	5,50	75,75	1,98	5,50	75,75	Steinpilze
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	1,40	4,33	26,00	2,00	4,33	26,00	Batate (Süßkartoffel)
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	16	0,50	2,00	11,00	2,50	4,00	11,00	Leinsamen
05 Obst und Obstprodukte	15	0	2,50	11,50	1,00	3,00	11,50	Weinbeeren
06 Fleisch und Fleischprodukte	23	1,00	4,00	79,50	2,00	4,00	79,50	Schaf Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30	0,50	3,17	115,00	1,50	3,17	115,00	Weichtiere
08 Milch und Milchprodukte	16	0	3,50	5,50	1,00	3,50	5,50	Weichkäse
09 Eier und Eierprodukte	0	-	-	-	-	-	-	-
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	12	1,00	9,25	29,50	3,50	9,25	29,50	Kaugummi und Zartbitterschokolade/
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0,50	1,00	1,00	2,50	4,00	4,00	n.b. ^a
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	8	0	1,25	12,50	1,00	2,00	12,50	Weintraube Fruchtsaft
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	6	0	0,17	1,00	0,91	1,00	2,00	Fruchtschorlen ^b
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	6	0	2,00	113,33	1,00	2,00	113,33	Kakaopulver
15 Alkoholische Getränke	5	0	0	11,00	1,00	1,00	11,00	Weinhaltige Getränke
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	7	1,00	3,00	8,00	2,00	4,00	8,00	Kekse und Gebäck für Kleinkinder
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	6	0	3,63	10,50	1,00	3,88	10,50	Vegetarische Würstchen
18 Speisen und Gerichte	31	1,50	4,00	8,38	2,00	4,00	8,38	Döner
19 Würzmittel und Soßen	16	1,00	5,50	14,00	2,00	5,50	14,00	Salz

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^a sämtliche Messungen <LOD (0,001 mg/kg) bzw. <LOQ (0,004 mg/kg); ^b sämtliche Messungen <LOQ (0,002 mg/kg)

Tabelle A-5: Bleigehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei konventioneller Erzeugung in µg/kg (modifiziert nach Fechner et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	1,00	3,50	10,50	2,00	4,00	10,50	Früchte Müsli und Schoko Müsli
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	0	4,63	115,00	1,00	4,63	115,00	Küchenkräuter frisch
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	1,97	2,98	13,00	2,31	2,98	13,00	Kartoffeln ungeschält gekocht
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	1,00	8,75	180,00	3,00	9,25	180,00	Gewürze trocken
05 Obst und Obstprodukte	7	0	1,50	3,50	1,00	2,16	4,00	Weintrauben roh
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	2,00	3,50	18,94	2,00	3,50	18,94	Rind Leber gegart
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	0	1,00	5,00	1,00	2,00	5,00	Schnittkäse
09 Eier und Eierprodukte	2	0,50	0,67	0,83	1,50	1,56	1,63	Spiegelei/Hühnerei gebraten
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	1,00	7,50	9,50	4,00	7,50	9,50	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0,50	1,00	1,00	2,50	4,00	4,00	n.b. ^a
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0	1,00	2,00	1,00	1,50	2,00	Apfel Fruchtsaft
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0	0,50	1,00	1,00	1,50	2,00	n.b. ^b
15 Alkoholische Getränke	3	0	11,50	12,25	1,00	11,50	12,25	Weißwein/Schaumwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	1,75	4,00	5,00	3,00	4,50	5,00	Getreidebrei (Säuglingsmilchnahrung, Wasser) (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	1,00	4,56	11,25	2,00	4,56	11,25	Rahmspinat
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^asämtliche Messungen <LOD (0,001 mg/kg) bzw. <LOQ (0,004 mg/kg); ^bsämtliche Messungen <LOD (0,001 mg/kg) bzw. <LOQ (0,002 mg/kg)

Tabelle A-6: Bleigehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei biologischer Erzeugung in µg/kg (modifiziert nach Fechner et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	1,00	4,50	7,50	3,00	4,50	7,50	Reiswaffeln und Sonstiges Müsli
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	20	0	5,00	19,50	1,00	5,00	19,50	Küchenkräuter frisch
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	8	2,07	4,06	10,00	2,32	4,06	10,00	Kartoffeln ungeschält gekocht
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	0,50	20,50	130,00	2,50	20,50	130,00	Gewürze trocken
05 Obst und Obstprodukte	12	0,50	3,00	6,25	1,50	3,00	6,25	Apfel verarbeitet; Apfelmus
06 Fleisch und Fleischprodukte	16	1,00	3,83	31,83	2,00	3,95	31,83	Rind Leber gegart
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	14	0	1,00	5,00	1,00	2,00	5,00	Schnittkäse
09 Eier und Eierprodukte	2	0,50	0,75	1,00	1,50	1,75	2,00	n.b. ^a
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	5,00	7,00	9,50	5,00	7,00	9,50	Honig
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	5	0,50	0,50	1,00	2,50	2,50	4,00	n.b. ^b
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0	0	0	1,00	1,00	1,00	n.b. ^a
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	1,00	1,50	1,50	2,00	2,00	2,00	Kaffee Getränk
15 Alkoholische Getränke	3	0	7,00	11,25	1,00	7,00	11,25	Weißwein/Schaumwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	1,00	4,23	5,50	4,00	4,23	5,50	Ready-to-eat fruit-based meal for children
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	Tofu
18 Speisen und Gerichte	34	1,00	4,83	8,00	2,00	4,83	8,00	Rahmspinat
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^asämtliche Messungen <LOD (0,001 mg/kg) bzw. <LOQ (0,002 mg/kg); ^bsämtliche Messungen <LOD (0,001 mg/kg) bzw. <LOQ (0,004 mg/kg)

Tabelle A-7: Cadmiumgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei unspezifischer Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Fechner et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	25	0	0,01	0,07	<0,01	0,01	0,07	Mohnkuchen/Mohngebäck
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	21	<0,01	<0,01	0,32	<0,01	<0,01	0,32	Steinpilze
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	0,01	0,02	0,07	0,01	0,02	0,07	Kartoffelchips
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	16	0	0,01	0,27	<0,01	0,01	0,27	Sonnenblumenkern
05 Obst und Obstprodukte	15	0	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	Avocado
06 Fleisch und Fleischprodukte	23	0	<0,01	0,11	<0,01	<0,01	0,11	Nieren (Säugetiere)
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30	0	<0,01	0,21	<0,01	<0,01	0,21	Tintenfisch gegart
08 Milch und Milchprodukte	16	0	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	Milchspeiseeis
09 Eier und Eierprodukte	0	-	-	-	-	-	-	-
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	12	0	0,01	0,11	<0,01	0,01	0,11	Zartbitterschokolade/Bitterschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	0	0	<0,01	<0,01	<0,01	n.b. ^a
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	8	0	0	0,002	<0,01	<0,01	<0,01	ACE Fruchtsaft
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	6	0	0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b. ^b
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	6	0	<0,01	0,28	<0,01	<0,01	0,28	Kakaopulver
15 Alkoholische Getränke	5	0	0	0	<0,01	<0,01	<0,01	n.b. ^c
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	7	0	0,01	0,02	<0,01	0,01	0,02	Getreidebrei (Hirse) (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	6	<0,01	0,01	0,03	<0,01	0,01	0,03	vegetarische Aufstriche
18 Speisen und Gerichte	31	<0,01	0,01	0,03	<0,01	0,01	0,03	Sushi
19 Würzmittel und Soßen	16	0	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,03	Senf

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: medium Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^asämtliche Messungen <LOD (0,002 mg/kg); ^bsämtliche Messungen <LOD (0,0003 bzw. 0,00007 mg/kg) bzw. <LOQ (0,001 bzw. 0,0002 mg/kg); ^csämtliche Messungen <LOD (0,002 bzw. 0,0003 mg/kg)

Tabelle A-8: Cadmiumgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei konventioneller Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Fechner et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	0	0,019	0,038	0,002	0,019	0,038	Reiswaffeln
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	0	0,003	0,097	<0,001	0,004	0,097	Spinat
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	0,011	0,015	0,022	0,011	0,015	0,022	Kartoffeln geschält gekocht
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	<0,001	0,02	0,042	0,001	0,020	0,042	Gewürze trocken
05 Obst und Obstprodukte	7	0	0	0,001	<0,001	0,001	0,002	Birne roh
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	<0,001	0,001	0,042	0,001	0,001	0,042	Rind Leber gegart
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	0	0	0,001	<0,001	<0,001	0,001	Joghurtherzeugnisse, -drinks
09 Eier und Eierprodukte	2	0	0	0	<0,001	<0,001	<0,001	n.b. ^a
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0	0	0,017	0,002	0,002	0,017	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	0	0	0,002	0,002	0,002	n.b. ^b
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0	0	0	<0,001	<0,001	<0,001	n.b. ^a
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0	0	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	Tee
15 Alkoholische Getränke	3	0	0	0	<0,001	<0,001	<0,001	n.b. ^a
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	<0,001	0,007	0,014	0,001	0,007	0,014	Beikost: verzehrfertiger Brei, Menü
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	<0,001	0,009	0,069	0,001	0,009	0,069	Rahmspinat
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: medium Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^asämtliche Messungen <LOD (0,0003 mg/kg); ^bsämtliche Messungen <LOD (0,002 mg/kg)

Tabelle A-9: Cadmiumgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei biologischer Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Fechner et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	0,005	0,015	0,048	0,005	0,015	0,048	Reiswaffeln
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	<0.001	0,004	0,071	0,001	0,004	0,071	Spinat
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	0,009	0,010	0,012	0,009	0,01	0,012	Kartoffeln ungeschält gekocht
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	<0.001	0,019	0,050	0,001	0,019	0,05	Gewürze trocken
05 Obst und Obstprodukte	7	0	<0.001	0,003	<0.001	0,001	0,003	Birne roh
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	<0.001	0,002	0,056	0,001	0,002	0,056	Rind Leber gegart
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	0	0	0,010	<0.001	<0.001	0,010	Milchmischerzeugnisse
09 Eier und Eierprodukte	2	0	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	n.b. ^a
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0	0	0,056	0,002	0,002	0,056	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	0	0	0,002	0,002	0,002	n.b. ^b
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0	<0.001	<0.001	<0.001	0,001	0,001	n.b. ^c
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,001	Kaffee Getränk
15 Alkoholische Getränke	3	0	0	0	<0.001	<0.001	<0.001	n.b. ^d
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	<0.001	0,004	0,017	0,001	0,005	0,017	Beikost: Getreidebrei mit Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	<0.001	0,007	0,031	0,001	0,007	0,031	Rahmspinat
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: medium Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^asämtliche Messungen <LOD (0,0003 mg/kg) bzw. <LOQ (0,001 mg/kg); ^bsämtliche Messungen <LOD (0,002 mg/kg); ^csämtliche Messungen <LOD (0,0003 mg/kg) bzw. <LOQ (0,001 mg/kg); ^dsämtliche Messungen <LOD (0,0003 mg/kg)

Tabelle A-10: WHO-PCDD/F-PCB-TEQ (WHO-TEF₂₀₂₂)-Gehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei unspezifischer Erzeugung in pg/g (modifiziert nach Stadion et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	24	<0,001	0,006	0,039	0,003	0,017	0,069	Plätzchen Kekse
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	11	<0,001	0,007	0,024	0,004	0,012	0,032	Aubergine
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	5	<0,001	0,002	0,004	0,007	0,012	0,043	Kartoffelchips
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	16	<0,001	0,003	0,031	0,003	0,023	0,085	Haselnussmus
05 Obst und Obstprodukte	6	<0,001	0,004	0,013	0,003	0,01	0,021	Avocado
06 Fleisch und Fleischprodukte	23	0,001	0,012	0,498	0,008	0,018	0,499	Schaf Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30	0,006	0,156	7,452	0,007	0,171	7,468	Dorschleber
08 Milch und Milchprodukte	16	0,002	0,042	0,077	0,004	0,046	0,078	Emmentaler
09 Eier und Eierprodukte	0	-	-	-	-	-	-	-
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	8	0,002	0,010	0,047	0,016	0,037	0,064	Schokoladen gefüllt mit Sonstigem
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0,001	0,018	0,137	0,028	0,071	0,162	Butter mit geringerem Fettgehalt
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	0	-	-	-	-	-	-	-
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	5	<0,001	<0,001	0,004	0,001	0,001	0,028	Getränkepulver gesamt
15 Alkoholische Getränke	5	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	Biermischgetränke
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	7	<0,001	0,001	0,010	0,001	0,005	0,017	Kekse und Gebäck für Kleinkinder
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	6	<0,001	0,001	0,003	0,002	0,005	0,029	Vegetarische Aufstriche
18 Speisen und Gerichte	31	<0,001	0,009	0,028	0,005	0,016	0,036	Kartoffelpuffer/ Rösti
19 Würzmittel und Soßen	16	<0,001	0,010	0,096	0,002	0,016	0,098	Käsesoßen

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-11: WHO-PCDD/F-PCB-TEQ (WHO-TEF₂₀₂₂)-Gehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei konventioneller Erzeugung in pg/g (modifiziert nach Stadion et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	14	<0,001	0,003	0,014	0,003	0,013	0,034	Teigwaren eifrei
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	7	<0,001	0,003	0,016	0,004	0,009	0,023	Küchenkräuter frisch
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	2	0,004	0,005	0,007	0,009	0,016	0,024	Kartoffeln gebraten
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	0,002	0,003	0,118	0,008	0,034	0,128	Gewürze trocken
05 Obst und Obstprodukte	2	0,001	0,005	0,009	0,003	0,010	0,017	Weintrauben roh
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	0,001	0,010	0,090	0,003	0,017	0,094	Rind Leber gegart
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	0,003	0,005	0,142	0,004	0,007	0,155	Sahne 30% Fett
09 Eier und Eierprodukte	2	0,012	0,013	0,014	0,015	0,020	0,025	Spiegelei/Hühnerei gebraten
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	2	<0,001	0,009	0,017	0,008	0,022	0,037	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0,001	0,005	0,149	0,051	0,065	0,207	Butter
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	0	-	-	-	-	-	-	-
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	2	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	Kaffee Getränk
15 Alkoholische Getränke	3	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,002	0,002	Bier
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	<0,001	0,001	0,004	0,004	0,007	0,013	Säuglingsmilchnahrung mit Wasser (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	0,001	0,001	0,001	0,006	0,006	0,006	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	0,001	0,007	0,026	0,005	0,012	0,039	Omelett/Rührei
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-12: WHO-PCDD/F-PCB-TEQ (WHO-TEF₂₀₂₂)-Gehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei biologischer Erzeugung in pg/g (modifiziert nach Stadion et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	14	<0,001	0,004	0,019	0,004	0,012	0,042	Teigwaren eifrei
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	7	<0,001	0,001	0,009	0,003	0,008	0,012	Paprikaschoten
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	2	0,002	0,004	0,007	0,010	0,012	0,013	Kartoffeln gebraten
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	<0,001	0,005	0,095	0,006	0,018	0,110	Gewürze trocken
05 Obst und Obstprodukte	2	0,001	0,002	0,003	0,009	0,011	0,012	Banane roh
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	0,002	0,035	0,080	0,004	0,041	0,116	Schnittfeste Rohwurst
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	0,006	0,007	0,113	0,007	0,009	0,130	Sahne 30% Fett
09 Eier und Eierprodukte	2	0,018	0,020	0,022	0,023	0,024	0,025	Spiegelei/Hühnerei gebraten
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	2	0,001	0,012	0,024	0,006	0,028	0,051	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0,001	0,018	0,204	0,052	0,076	0,264	Butter
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	0	-	-	-	-	-	-	-
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	2	<0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	Kaffee Getränk
15 Alkoholische Getränke	3	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	0,001	Rotwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	<0,001	0,002	0,004	0,003	0,008	0,010	Säuglingsmilchnahrung mit Wasser (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	0,001	0,001	0,001	0,005	0,005	0,005	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	0,001	0,007	0,133	0,005	0,014	0,135	Frikadelle
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-13: Nickelgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei unspezifischer Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Fechner et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	25	0,008	0,190	1,975	0,024	0,190	1,975	Chia-Samen
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	21	0,017	0,069	0,340	0,023	0,069	0,340	Gemüsechips
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	0,028	0,053	0,065	0,028	0,053	0,100	Kartoffelchips
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	16	0,230	1,350	5,350	0,230	1,350	5,350	Cashewnüsse
05 Obst und Obstprodukte	15	0,006	0,065	1,080	0,020	0,069	1,080	Trockenfrüchte
06 Fleisch und Fleischprodukte	23	0,006	0,023	0,060	0,020	0,024	0,060	Leberwurst (Geflügel)
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30	0,006	0,007	0,165	0,020	0,020	0,165	Muscheln
08 Milch und Milchprodukte	16	0	0,025	0,295	0,006	0,025	0,295	Milchspeiseeis
09 Eier und Eierprodukte	0	-	-	-	-	-	-	-
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	12	0	0,420	2,800	0,030	0,420	2,800	Zartbitterschokolade, Bitterschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	0,015	0,030	0,030	0,065	0,100	n.b. ^a
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	8	0,006	0,010	0,027	0,020	0,020	0,027	Fruchtsaft, Multivitamin
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	6	0,001	0,005	0,044	0,003	0,018	0,044	Energy Drink
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	6	0,003	0,027	11,050	0,013	0,034	11,050	Kakaopulver
15 Alkoholische Getränke	5	0	0,002	0,006	0,006	0,020	0,022	n.b. ^b
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	7	0,006	0,050	1,040	0,020	0,050	1,040	Beikost: Hirse Getreidebrei (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	6	0,038	0,325	1,000	0,073	0,325	1,000	Texturiertes Soja
18 Speisen und Gerichte	31	0,006	0,040	0,190	0,020	0,040	0,190	Bratling, vegetarisch
19 Würzmittel und Soßen	16	0,006	0,043	0,565	0,020	0,051	0,565	Sojasoße

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^a sämtliche Messungen <LOQ (0,1 mg/kg); ^b sämtliche Messungen <LOD (0,03 bzw. 0,006 mg/kg)

Tabelle A-14: Nickelgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei konventioneller Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Fechner et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	0,010	0,090	1,500	0,021	0,100	1,500	Haferflocken
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	0,006	0,047	0,170	0,017	0,047	0,170	Erbsen und Karotten, gemischt
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	0,023	0,039	0,066	0,023	0,039	0,066	Bratkartoffeln
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	0,060	0,933	1,100	0,060	0,933	1,100	Gewürze
05 Obst und Obstprodukte	7	0,005	0,038	0,101	0,017	0,038	0,101	Weintrauben
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	0,006	0,017	0,043	0,020	0,024	0,043	Rohwurst, schnittfest (z. B. Salami)
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	0	0,006	0,091	0,006	0,020	0,091	Milchmischerzeugnis
09 Eier und Eierprodukte	2	0,005	0,005	0,005	0,017	0,017	0,018	n.b. ^a
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0,030	0,030	0,700	0,100	0,100	0,700	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	0,015	0,030	0,030	0,065	0,100	n.b. ^b
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0,006	0,006	0,006	0,020	0,020	0,020	n.b. ^c
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0,006	0,015	0,053	0,020	0,022	0,053	Tee (Getränk)
15 Alkoholische Getränke	3	0,003	0,006	0,021	0,013	0,020	0,021	Rotwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	0,006	0,040	0,445	0,020	0,058	0,445	Beikost: Getreidebrei mit Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	0,165	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	0,006	0,042	0,220	0,020	0,042	0,220	Linsen-, Erbsen-, Bohnensuppe
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^a sämtliche Messungen <LOQ (0,02 mg/kg) bzw. <LOD (0,006 mg/kg); ^b sämtliche Messungen <LOQ (0,1 mg/kg); ^c sämtliche Messungen <LOQ (0,02 mg/kg)

Tabelle A-15: Nickelgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei biologischer Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Fechner et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	0,029	0,215	1,100	0,029	0,215	1,100	Schoko-Müsli
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	0,006	0,039	0,130	0,020	0,039	0,130	Spargel
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	0,027	0,032	0,044	0,027	0,032	0,044	Bratkartoffeln
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	0,068	0,585	0,955	0,068	0,585	0,955	Gewürze
05 Obst und Obstprodukte	7	0,006	0,030	0,155	0,017	0,034	0,155	Weintrauben
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	0,006	0,012	0,077	0,020	0,021	0,077	Rohwurst, schnittfest (z. B. Salami)
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	0	0,005	0,130	0,006	0,017	0,130	Milchmischerzeugnis
09 Eier und Eierprodukte	2	0,003	0,027	0,051	0,013	0,032	0,051	Spiegelei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0,030	0,065	0,825	0,100	0,100	0,825	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	0,015	0,030	0,030	0,065	0,100	n.b. ^a
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0,006	0,006	0,006	0,020	0,020	0,020	n.b. ^b
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0,006	0,006	0,046	0,020	0,020	0,046	Tee (Getränk)
15 Alkoholische Getränke	3	0	0,006	0,024	0,006	0,020	0,024	Rotwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	0,025	0,070	0,320	0,025	0,105	0,320	Beikost: Getreidebrei mit Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	0,006	0,050	0,225	0,020	0,050	0,225	Linsen-, Erbsen-, Bohnensuppe
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^a sämtliche Messungen <LOQ (0,1 mg/kg); ^b sämtliche Messungen <LOQ (0,02 mg/kg)

Tabelle A-16: Nitratgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei unspezifischer Erzeugung in mg/kg

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	25	0,12	13,18	62,49	0,37	13,18	62,49	Quinoa
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	20	0	142,54	2.054	0,12	142,54	2.054	Radieschen
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	0,23	34,75	136,14	0,70	34,75	136,14	Kartoffelchips
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	16	3,54	13,23	64,39	3,54	13,23	64,39	Pistazien
05 Obst und Obstprodukte	15	0	2,21	359,98	0,12	2,28	359,98	Avocado
06 Fleisch und Fleischprodukte	23	0,77	9,81	36,79	0,77	9,81	36,79	Wiener, Bockwurst, Bratwurst (Geflügel)
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30	0	3,19	46,36	0,12	3,19	46,36	Aal
08 Milch und Milchprodukte	16	0,12	1,99	47,56	0,37	1,99	47,56	Buttermilch
09 Eier und Eierprodukte	0	-	-	-	-	-	-	-
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	12	0,12	4,60	30,14	0,37	4,60	30,14	Lakritze
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0,12	1,37	7,44	0,37	1,49	7,44	Fettreduzierte Margarine, Halbfettmargarine, Streichfett
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	8	1,43	7,27	15,73	1,43	7,27	15,73	Fruchtnektar, divers
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	6	0,12	0,12	3,42	0,37	0,37	3,42	Trinkwasser
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	6	0,12	0,28	7,94	0,37	0,40	7,94	Kaffee-Ersatz (Getränk)
15 Alkoholische Getränke	5	0,12	1,29	5,47	0,37	1,29	5,47	Spirituose
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	7	0,12	15,91	33,88	0,37	15,91	33,88	Beikost: Hirse Getreidebrei (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	6	0,12	2,06	8,86	0,37	2,21	8,86	Reisdrink
18 Speisen und Gerichte	31	0,58	32,96	493,67	0,58	32,96	493,67	Nudelauflauf/Lasagne ohne Fleisch
19 Würzmittel und Soßen	16	0	20,40	229,36	0,12	20,40	229,36	Pesto

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-17: Nitratgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei konventioneller Erzeugung in mg/kg

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	0	23,15	69,46	0,12	23,15	69,46	Vollkornbrot, Vollkornbrötchen
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	1,31	51,06	2.101	1,31	51,06	2.101	Blattsalat
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	38,70	113,22	184,52	38,70	113,22	184,52	Bratkartoffeln
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	1,17	11,14	527,40	1,17	11,14	527,40	Gewürze
05 Obst und Obstprodukte	7	0,68	1,73	124,18	0,71	1,73	124,18	Banane
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	0,74	4,85	45,27	0,74	4,87	45,27	Leberwurst (Schwein, Rind)
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	0	1,48	5,86	0,12	1,48	5,86	Joghurtherzeugnis, -drink
09 Eier und Eierprodukte	2	0	0,02	0,03	0,12	0,15	0,18	n.b. ^a
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	1,43	6,04	12,21	1,43	6,04	12,21	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0,12	0,68	12,09	0,37	0,80	12,09	Margarine
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	2,37	2,47	2,56	2,37	2,47	2,56	Fruchtsaft, Apfel
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	4,29	6,78	7,19	4,29	6,78	7,19	Kräutertee (Getränk)
15 Alkoholische Getränke	3	0,12	2,66	5,07	0,37	2,66	5,07	Weißwein, Schaumwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	7,76	18,24	98,73	7,76	18,24	98,73	Beikost: Getreidebrei mit Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	3,30	61,90	728,70	3,30	61,90	728,70	Rahmspinat
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^a sämtliche Messungen <LOQ (0,37 mg/kg) bzw. <LOD (0,12 mg/kg)

Tabelle A-18: Nitratgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei biologischer Erzeugung in mg/kg

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	0	11,74	92,60	0,12	11,74	92,60	Vollkornbrot, Vollkornbrötchen
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	3,81	94,44	2.055	3,81	94,44	2.055	Küchenkräuter, frisch
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	34,62	86,06	131,00	34,62	86,06	131,00	Pellkartoffeln (ungeschält)
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	3,59	21,12	684,09	3,59	21,12	684,09	Gewürze
05 Obst und Obstprodukte	7	0,06	1,95	32,41	0,25	1,95	32,41	Banane
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	0	5,22	38,11	0,12	5,22	38,11	Leberwurst (Schwein, Rind)
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	0	0,47	2,38	0,12	0,53	2,38	Milchmischerzeugnis
09 Eier und Eierprodukte	2	0,12	0,31	0,50	0,37	0,44	0,50	Hühnerei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0,12	1,43	6,58	0,37	1,43	6,58	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0,12	0,40	2,09	0,37	0,55	2,09	Margarine
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	3,45	3,85	4,26	3,45	3,85	4,26	Fruchtsaft, Apfel
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	4,40	5,20	6,31	4,40	5,20	6,31	Kräutertee (Getränk)
15 Alkoholische Getränke	3	1,33	3,84	6,03	1,33	3,84	6,03	Weißwein, Schaumwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	0,77	16,89	46,70	0,77	16,89	46,70	Beikost: Getreidebrei mit Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	2,83	56,21	432,95	2,83	56,21	432,95	Salat mit Dressing, divers
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-19: Kupfergehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei unspezifischer Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Kolbaum et al. (2023b))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	25	0,3	1,6	16,5	0,3	1,6	16,5	Chia-Samen
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	21	0,3	1,0	4,3	0,3	1,0	4,3	Gemüsechips
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	0,9	1,5	2,1	0,9	1,5	2,1	Kartoffelchips
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	16	2,5	10,9	22,5	2,5	10,9	22,5	Cashewnuss
05 Obst und Obstprodukte	15	0,3	0,7	3,7	0,3	0,7	3,7	Weinbeeren
06 Fleisch und Fleischprodukte	23	0,3	0,9	73,	0,3	0,9	73,0	Schaf Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30	0,2	0,6	3,0	0,2	0,6	3,0	Garnele (Shrimps)
08 Milch und Milchprodukte	16	<0,1	0,2	1,6	<0,1	0,2	1,6	Milchspeiseeis
09 Eier und Eierprodukte	0	-	-	-	-	-	-	-
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	12	0	2,3	11,4	<0,1	2,3	11,4	Zartbitterschokolade/Bitterschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	Maiskeimöl
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	8	0,1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,5	Weintraube Fruchtsaft
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	6	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	0,3	Trinkwasser
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	6	0,4	1,0	36,1	0,4	1,0	36,1	Kakaopulver
15 Alkoholische Getränke	5	<0,1	0,1	0,4	<0,1	0,1	0,4	Spirituosenhaltige Mixgetränke
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	7	0,2	0,8	4,6	0,2	0,8	4,6	Getreidebrei (Hirse) (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	6	<0,1	1,9	5,0	0,1	1,9	5,0	Sojaweiß Extrudat
18 Speisen und Gerichte	31	0,4	1,1	9,7	0,4	1,1	9,7	Leberspätzlesuppe/Leberknödelsuppe
19 Würzmittel und Soßen	16	0,2	0,7	2,9	0,2	0,7	2,9	Pesto

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-20: Kupfergehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei konventioneller Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Kolbaum et al. (2023b))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	0,6	2,6	4,4	0,6	2,6	4,4	Schoko-Müsli
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	0,3	0,7	1,3	0,3	0,7	1,3	Blattsalate
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	1,0	1,2	1,3	1,0	1,2	1,3	Kartoffeln ungeschält gekocht
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	1,9	4,2	5,3	1,9	4,2	5,3	Gewürze trocken
05 Obst und Obstprodukte	7	0,4	0,7	1,8	0,4	0,7	1,8	Kiwi roh
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	0,4	1,0	88,2	0,4	1,0	88,2	Rind Leber gegart
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	<0,1	0,2	0,4	<0,1	0,2	0,4	Schnittkäse
09 Eier und Eierprodukte	2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	Spiegelei/Hühnerei gebraten
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0,1	0,3	2,8	0,1	0,3	2,8	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	n.b. ^a
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	Fruchtsaft, Orange
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0,2	0,6	0,9	0,2	0,6	0,9	Kräutertee
15 Alkoholische Getränke	3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	Weißwein/ Schaumwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	0,6	1,8	3,1	0,6	1,8	3,1	Beikost: Getreidebrei mit Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	0,3	0,9	1,5	0,3	0,9	1,5	Linsen-, Erbsen-, Bohnensuppe
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^asämtliche Messungen <LOD (0,03 mg/kg) bzw. <LOQ (0,1 mg/kg)

Tabelle A-21: Kupfergehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei biologischer Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Kolbaum et al. (2023b))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	0,9	2,9	4,7	0,9	2,9	4,7	Müsli, gemischt
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	0,4	0,7	3,0	0,4	0,7	3,0	Spinat
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	1,2	1,4	1,5	1,2	1,4	1,5	Salzkartoffeln (geschält)
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	2,9	3,2	9,8	2,9	3,2	9,8	Gewürze trocken
05 Obst und Obstprodukte	7	0,6	0,9	2,0	0,6	0,9	2,0	Kiwi roh
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	0,5	1,1	64,8	0,5	1,1	64,8	Rind, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	0,1	0,1	0,9	0,1	0,1	0,9	Schnittkäse
09 Eier und Eierprodukte	2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	Spiegelei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0,2	0,4	3,0	0,2	0,4	3,0	Milkschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	n.b. ^a
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	Fruchtsaft, Orange
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	Tee (Getränk)
15 Alkoholische Getränke	3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	Weißwein, Schaumwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	0,6	1,8	3,2	0,6	1,8	3,2	Beikost: Getreidebrei mit Säuglingsmilchnahrung
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	0,4	0,9	1,8	0,4	0,9	1,8	Linsen-, Erbsen-, Bohnensuppe
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^asämtliche Messungen <LOD (0,03 mg/kg) bzw. <LOQ (0,1 mg/kg)

Tabelle A-22: Mangengehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei unspezifischer Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Stadion et al. (2024))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	25	0,6	6,5	67,0	0,6	6,5	67,0	Chia-Samen
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	21	0,5	1,5	7,3	0,5	1,5	7,3	Gemüsechips
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	0,8	1,9	4,1	0,8	1,9	4,1	Kartoffelchips
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	16	4,0	18,2	66,3	4,0	18,2	66,3	Haselnüsse
05 Obst und Obstprodukte	15	0,2	2,0	4,2	0,2	2,0	4,2	Him-, Brom, Heidel-, Stachel- und Johannisbeeren
06 Fleisch und Fleischprodukte	23	0,1	0,5	4,1	0,1	0,5	4,1	Schaf, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30	0,1	0,4	2,9	0,1	0,4	2,9	Muscheln
08 Milch und Milchprodukte	16	<0,1	0,3	2,1	<0,1	0,3	2,1	Milchspeiseeis
09 Eier und Eierprodukte	0	-	-	-	-	-	-	-
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	12	<0,1	4,0	13,0	<0,1	4,0	13,0	Zartbitterschokolade, Bitterschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	n.b. ^a
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	8	0,1	0,9	3,5	0,1	0,9	3,5	Fruchtsaft, divers
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	6	<0,1	<0,1	0,7	<0,1	<0,1	0,7	Eistee
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	6	0,2	1,2	45,5	0,2	1,2	45,5	Kakaopulver
15 Alkoholische Getränke	5	<0,1	0,1	0,8	<0,1	0,1	0,8	Weinhaltiges Getränk (Weinschorle, Glühwein)
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	7	0,1	0,9	9,3	0,1	0,9	9,3	Kekse und Gebäck für Säuglinge und Kleinkinder
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	6	0,4	3,4	10,1	0,4	3,4	10,1	Texturiertes Soja
18 Speisen und Gerichte	31	0,4	1,5	6,5	0,4	1,5	6,5	Bratling, vegetarisch
19 Würzmittel und Soßen	16	<0,1	1,0	9,5	<0,1	1,0	9,5	Sojasoße

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^a sämtliche Messungen <LOD (0,008 mg/kg) bzw. <LOQ (0,03 mg/kg)

Tabelle A-23: Mangangehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei konventioneller Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Stadion et al. (2024))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	0,8	10,4	40,4	0,8	10,4	40,4	Haferflocken
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	0,3	1,4	7,9	0,3	1,4	7,9	Küchenkräuter, frisch
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	0,8	1,0	1,4	0,8	1,0	1,4	Bratkartoffeln
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	0,9	9,2	48,6	0,9	9,2	48,6	Gewürze
05 Obst und Obstprodukte	7	0,2	0,6	3,2	0,2	0,6	3,2	Banane
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	0,2	0,5	3,5	0,2	0,5	3,5	Geflügel, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	<0,1	<0,1	0,5	<0,1	<0,1	0,5	Milchmischerzeugnis
09 Eier und Eierprodukte	2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	Spiegelei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0,1	2,2	3,7	0,1	2,2	3,7	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	n.b. ^a
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	Fruchtsaft, Apfel
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0,3	0,6	2,1	0,3	0,6	2,1	Tee (Getränk)
15 Alkoholische Getränke	3	0,1	0,9	1,0	0,1	0,9	1,0	Rotwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	0,8	1,0	16,1	0,8	1,0	16,1	Beikost: Getreidebrei mit Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	0,5	1,1	4,5	0,5	1,1	4,5	Rahmspinat
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median; n.b.: nicht bestimmt

^a sämtliche Messungen <LOD (0,008 mg/kg) bzw. <LOQ (0,03 mg/kg)

Tabelle A-24: Mangengehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei biologischer Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Stadion et al. (2024))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	4,3	15,4	32,8	4,3	15,4	32,8	Haferflocken
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	0,3	1,4	9,8	0,3	1,4	9,8	Küchenkräuter, frisch
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	0,8	1,1	1,2	0,8	1,1	1,2	Bratkartoffeln
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	0,5	6,1	52,1	0,5	6,1	52,1	Gewürze
05 Obst und Obstprodukte	7	0,3	0,5	2,6	0,3	0,5	2,6	Banane
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	0,2	0,6	3,4	0,2	0,6	3,4	Schwein, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	<0,1	0,1	0,6	<0,1	0,1	0,6	Milchmischerzeugnis
09 Eier und Eierprodukte	2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	Spiegelei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0,6	2,9	3,7	0,6	2,9	3,7	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	Margarine
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	Fruchtsaft, Apfel
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0,2	0,6	1,1	0,2	0,6	1,1	Tee (Getränk)
15 Alkoholische Getränke	3	0,1	0,8	0,9	0,1	0,8	0,9	Rotwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	0,6	1,2	23,5	0,6	1,2	23,5	Beikost: Getreidebrei mit Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	12,4	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	0,3	1,5	4,4	0,3	1,5	4,4	Rahmspinat
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-25: Molybdängehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei unspezifischer Erzeugung in µg/kg (modifiziert nach Stadion et al. (2024))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	25	50	140	643	57	140	643	Buchweizen
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	21	8	42	427	11	42	427	Prinzessbohnen, Brechbohnen
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	25	69	175	25	69	175	Kartoffelchips
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	16	71	395	1.100	71	395	1.100	Erdnussbutter
05 Obst und Obstprodukte	15	3	14	78	10	14	78	Trockenfrüchte
06 Fleisch und Fleischprodukte	23	3	19	1.225	10	19	1.225	Schaf, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30	0	3	385	3	10	385	Muscheln
08 Milch und Milchprodukte	16	30	70	200	30	70	200	Buttermilch
09 Eier und Eierprodukte	0	-	-	-	-	-	-	-
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	12	0	72	525	10	72	525	Schokoladen-Riegel
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	0	20	20	20	50	n.b. ^a
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	8	2	3	7	7	10	10	Fruchtsaft, Weintraube
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	6	0	0	0	<1	3	3	n.b. ^b
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	6	0	2	328	3	7	328	Kakaopulver
15 Alkoholische Getränke	5	0	3	3	3	10	20	n.b. ^c
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	7	0	69	403	3	69	403	Beikost: Hirse Getreidebrei (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	6	24	263	698	39	263	698	Texturiertes Soja
18 Speisen und Gerichte	31	16	80	205	16	80	205	Reisgericht (Reis und Gemüse)
19 Würzmittel und Soßen	16	0	41	613	3	45	613	Sojasoße

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median
^a sämtliche Messungen <LOD (20 µg/kg) bzw. <LOQ (50 µg/kg); ^b sämtliche Messungen <LOD (0,3 bzw. 3 µg/kg); ^c sämtliche Messungen <LOD (3 bzw. 20 µg/kg) bzw. <LOQ (10 und 50 µg/kg)

Tabelle A-26: Molybdängehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei konventioneller Erzeugung in µg/kg (modifiziert nach Stadion et al. (2024))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	81	245	1.003	81	245	1.003	Haferflocken
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	14	57	350	14	57	350	Küchenkräuter, frisch
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	32	47	76	32	47	76	Bratkartoffeln
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	11	771	2.525	11	771	2.525	Erdnüsse
05 Obst und Obstprodukte	7	3	5	27	10	10	27	Banane
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	6	18	1.169	11	18	1.169	Schwein, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	32	47	110	32	47	110	Sahne, mind. 30 % Fett
09 Eier und Eierprodukte	2	32	33	34	32	33	34	Spiegelei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0	0	120	20	20	120	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	0	20	20	20	50	n.b. ^a
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	2	2	3	7	8	10	n.b. ^b
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0	0	0	3	3	3	n.b. ^c
15 Alkoholische Getränke	3	3	3	3	10	10	10	n.b. ^d
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	23	72	658	23	72	658	Beikost: Getreidebrei mit Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	588	588	588	588	588	588	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	22	40	290	22	40	290	Linsen-, Erbsen-, Bohnensuppe
19 Würzmittel und Soßen	16	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median
^a sämtliche Messungen <LOD (20 µg/kg) bzw. <LOQ (50 µg/kg); ^b sämtliche Messungen <LOD (3 µg/kg) bzw. <LOQ (10 µg/kg); ^c sämtliche Messungen <LOD (3 µg/kg); ^d sämtliche Messungen <LOD (3 und 20 µg/kg) bzw. <LOQ (10 und 50 µg/kg)

Tabelle A-27: Molybdängehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei biologischer Erzeugung in µg/kg (modifiziert nach Stadion et al. (2024))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	128	470	1.650	128	470	1.650	Haferflocken
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	13	66	355	13	66	355	Küchenkräuter, frisch
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	51	57	85	51	57	85	Bratkartoffeln
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	18	474	3.475	18	474	3.475	Erdnüsse
05 Obst und Obstprodukte	7	3	7	53	10	10	53	Banane
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	8	26	1.325	11	26	1.325	Schwein, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	56	86	123	56	86	123	Sahne, mind. 30 % Fett
09 Eier und Eierprodukte	2	65	68	72	65	68	72	Spiegelei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0	20	170	20	50	170	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	0	20	20	20	50	n.b. ^a
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	3	3	3	10	10	10	n.b. ^b
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0	0	2	3	3	7	n.b. ^b
15 Alkoholische Getränke	3	0	0	12	3	3	12	Bier
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	34	134	740	34	134	740	Beikost: Getreidebrei mit Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	295	295	295	295	295	295	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	26	52	350	26	52	350	Linsen-, Erbsen-, Bohnensuppe
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

^a sämtliche Messungen <LOD (20 µg/kg) bzw. <LOQ (50 µg/kg); ^b sämtliche Messungen <LOD (3 µg/kg) bzw. <LOQ (10 µg/kg)

Tabelle A-28: Phosphorgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei unspezifischer Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Schwerbel et al. (2022))

Lebensmittelkategorie	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	25	404	1.390	7.701	404	1.390	7.701	Chia-Samen
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	21	139	329	1.665	139	329	1.665	Gemüsechips
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	415	633	920	415	633	920	Pommes frites
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	16	836	3.483	11.385	836	3.483	11.385	Kürbiskerne
05 Obst und Obstprodukte	15	112	188	887	112	188	887	Rosinen, Sultaninen
06 Fleisch und Fleischprodukte	23	1.007	1.960	3.689	1007	1.960	3.689	Schaf, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30	682	1.676	2.916	682	1.676	2.916	Forelle
08 Milch und Milchprodukte	16	767	1.214	8.433	767	1.214	8.433	Schmelzkäse
09 Eier und Eierprodukte	0	-	-	-	-	-	-	-
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	12	3	1.296	2.390	3	1.296	2.390	Zartbitterschokolade, Bitterschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	49	236	2	49	236	Halbfettbutter, Butterzubereitung, Milchstreichfett
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	8	31	89	137	31	89	137	Fruchtsaft, divers
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	6	0	5	35	0	5	35	Fruchtschorle
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	6	3	96	6.538	3	96	6.538	Kakaopulver
15 Alkoholische Getränke	5	0	107	138	2	107	138	Malzbier
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	7	7	540	3.662	7	540	3.662	Beikost. Milchfertigbrei
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	6	250	819	1.940	250	819	1.940	Texturiertes Soja
18 Speisen und Gerichte	31	118	839	2.205	118	839	2.205	Gyros (Schwein)
19 Würzmittel und Soßen	16	27	789	1.828	27	789	1.828	Käsesoße

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-29: Phosphorgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei konventioneller Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Schwerbel et al. (2022))

Lebensmittelkategorie	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	450	1.355	3.670	450	1.355	3.670	Haferflocken
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	112	282	466	112	282	466	Blumenkohl
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	344	475	573	344	475	573	Bratkartoffeln
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	55	2.031	2.972	55	2.031	2.972	Gewürze
05 Obst und Obstprodukte	7	82	170	322	82	170	322	Kiwi
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	1.280	2.260	3.358	1.280	2.260	3.358	Rind, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	624	963	5.545	624	963	5.545	Schnittkäse
09 Eier und Eierprodukte	2	2.172	2.303	2.433	2.172	2.303	2.433	Spiegelei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	58	64	2.153	58	64	2.153	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	33	337	2	33	337	Butter
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	60	124	188	60	124	188	Fruchtsaft, Orange
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	8	15	49	8	15	49	Kaffee (Getränk)
15 Alkoholische Getränke	3	152	169	224	152	169	224	Bier
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	156	1.255	2.195	156	1.255	2.195	Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	1.021	1.021	1.021	1.021	1.021	1.021	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	276	760	2.174	276	760	2.174	Omelett, Rührei
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-30: Phosphorgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelkategorien bei biologischer Erzeugung in mg/kg (modifiziert nach Schwerbel et al. (2022))

Lebensmittelkategorie	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	654	1.972	3.695	654	1.972	3.695	Haferflocken
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	158	300	491	158	300	491	Küchenkräuter, frisch
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	414	509	603	414	509	603	Bratkartoffeln
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	101	2.077	4.075	101	2.077	4.075	Erdnüsse
05 Obst und Obstprodukte	7	86	185	290	86	185	290	Kiwi
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	1.224	2.240	3.655	1.224	2.240	3.655	Rind, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	646	939	5.553	646	939	5.553	Schnittkäse
09 Eier und Eierprodukte	2	2.019	2.074	2.130	2.019	2.074	2.130	Spiegelei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	75	76	2.165	75	76	2.165	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	26	235	2	26	235	Butter
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	69	118	166	69	118	166	Fruchtsaft, Orange
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	8	15	44	8	15	44	Kaffee (Getränk)
15 Alkoholische Getränke	3	150	172	300	150	172	300	Bier
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	199	1.444	3.025	199	1.444	3.025	Beikost: Getreidebrei mit Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	2.397	2.397	2.397	2.397	2.397	2.397	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	249	715	1.750	249	715	1.750	Omelett, Rührei
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-31: Phosphorgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen in mg/kg (modifiziert nach Schwerbel et al. (2022))

Lebensmittelkategorie	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	40	404	1.438	7.701	404	1.438	7.701	Chia-Samen
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	34	112	318	1.665	112	318	1.665	Gemüsechips
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	8	344	481	920	344	481	920	Pommes frites
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	20	55	3.358	11.385	55	3.358	11.385	Kürbiskerne
05 Obst und Obstprodukte	22	82	183	887	82	183	887	Rosinen, Sultaninen
06 Fleisch und Fleischprodukte	35	1.007	2.069	3.689	1.007	2.069	3.689	Schaf, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30	682	1.676	2.916	682	1.676	2.916	Forelle
08 Milch und Milchprodukte	23	624	1.145	8.433	624	1.145	8.433	Schmelzkäse
09 Eier und Eierprodukte	2	2.019	2.257	2.433	2.019	2.257	2.433	Spiegelei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	15	3	977	2.390	3	977	2.390	Zartbitterschokolade, Bitterschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	8	0	30	337	2	30	337	Butter
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	10	31	89	188	31	89	188	Fruchtsaft, Orange
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	6	0	5	35	0	5	35	Fruchtschorle
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	9	3	47	6.538	3	47	6.538	Kakaopulver
15 Alkoholische Getränke	8	0	130	300	2	130	300	Bier
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	11	7	540	3.662	7	540	3.662	Beikost. Milchfertigbrei
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	7	250	960	2.397	250	960	2.397	Tofu
18 Speisen und Gerichte	52	118	836	2.205	118	836	2.205	Gyros (Schwein)
19 Würzmittel und Soßen	16	27	789	1.828	27	789	1.828	Käsesoße

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-32: Gehalte an vorgebildetem Vitamin A der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen in µg/100 g (modifiziert nach Schendel et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	40	0	0,8	160,0	0,2	0,9	160,0	Creme- und Sahnetorten
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	33	0	2,2	32,0	0,2	2,2	32,0	Grünkohl
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	8	0	0,2	53,3	0,2	0,5	53,3	Kartoffelbrei, Kartoffelpüree
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	20	0	0,2	7,2	0,2	0,5	7,2	Haselnüsse
05 Obst und Obstprodukte	22	0	0,1	0,7	0,2	0,4	0,7	Avocado
06 Fleisch und Fleischprodukte	35	2,1	15,3	17.000	2,1	15,3	17.000	Schaf, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30	3,2	15,6	25.000	3,2	15,6	25.000	Dorschleber
08 Milch und Milchprodukte	23	4,7	97,5	318,3	4,7	97,5	318,3	Sahne, mind. 30 % Fett
09 Eier und Eierprodukte	2	140,0	167,5	195,0	140,0	167,5	195,0	Spiegelei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	15	0,2	0,2	50,5	0,5	0,5	50,5	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	8	0,2	96,8	915,0	0,5	97,7	915,0	Butter
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	10	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	ACE-Getränk
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0,2	0,2	48,0	0,5	0,5	48,0	Getränkepulver, löslich
15 Alkoholische Getränke	0	-	-	-	-	-	-	-
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	10	0	2,3	410,0	0,2	2,3	410,0	Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	7	0,2	0,2	3,0	0,5	0,5	3,0	Würstchen, vegetarisch
18 Speisen und Gerichte	52	0,1	15,3	1.900	0,3	15,3	1.900	Leberspätzlesuppe/Leberknödelsuppe
19 Würzmittel und Soßen	15	0,2	20,5	220,0	0,5	20,5	220,0	Helle Soße, einfach

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-33: Beta-Carotin-Gehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen in µg/100 g (modifiziert nach Schendel et al. (2022))

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	40	0	3,0	95,0	3,0	10,0	95,0	Cornflakes
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	33	1,5	237,5	4.650	6,5	237,5	4.650	Karotte
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	8	0	14,1	2.200	3,0	17,6	2.200	Süßkartoffel
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	20	3,0	5,8	2.200	10,0	11,0	2.200	Gewürze
05 Obst und Obstprodukte	22	3,0	39,3	370,0	10,0	39,3	370,0	Mango
06 Fleisch und Fleischprodukte	13	0	12,5	45,5	3,0	12,5	45,5	Salami (Geflügel)
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	5	0	63,5	91,5	3,0	63,5	91,5	Heringsfilet in Soße
08 Milch und Milchprodukte	23	0	58,7	205,0	3,0	58,7	205,0	Schmelzkäse
09 Eier und Eierprodukte	2	1,5	7,3	13,0	6,5	9,8	13,0	Spiegelei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	1	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	Wassereis, Fruchteis, Sorbet
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	8	3,0	257,5	610,0	10,0	257,5	610,0	Halbfettbutter, Butterzubereitung, Milchstreichfett
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	10	0	5,0	935,0	3,0	10,3	935,0	Fruchtnektar, Multivitamin
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	3,0	3,0	19,0	10,0	10,0	19,0	Kakaopulver
15 Alkoholische Getränke	0	-	-	-	-	-	-	-
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	10	3,0	24,5	2.200	10,0	24,5	2.200	Beikost: verzehrfertiger Brei, Gemüsebrei
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	7	3,0	7,5	170,0	10,0	11,0	170,0	Aufstrich, vegetarisch
18 Speisen und Gerichte	52	3,0	217,5	1.300	10,0	217,5	1.300	Gemüsepfanne
19 Würzmittel und Soßen	14	0	91,0	857,5	3,0	91,0	857,5	Gemüsesoße

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-34: Zinkgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei unspezifischer Erzeugung in mg/kg

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	25	1,8	8,0	54,0	1,8	8,0	54,0	Chia-Samen
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	21	1,0	2,3	13,1	1,0	2,3	13,1	Steinpilz
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	1,9	3,0	9,3	1,9	3,0	9,3	Kartoffelchips
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	16	6,9	24,4	80,5	6,9	24,4	80,5	Kürbiskerne
05 Obst und Obstprodukte	15	0,5	1,0	6,4	0,5	1,0	6,4	Avocado
06 Fleisch und Fleischprodukte	23	8,6	20,7	43,6	8,6	20,7	43,6	Schaf, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	30	3,1	5,6	22,8	3,1	5,6	22,8	Aal, geräuchert
08 Milch und Milchprodukte	16	2,4	4,8	41,7	2,4	4,8	41,7	Emmentaler Hartkäse
09 Eier und Eierprodukte	0	-	-	-	-	-	-	-
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	12	<0,1	8,0	20,2	0,1	8,0	20,2	Zartbitterschokolade, Bitterschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	0	0,3	0,9	<0,1	0,3	0,9	Halbfettbutter, Butterzubereitung, Milchstreichfett
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	8	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	Fruchtsaft, divers
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	6	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	0,3	Trinkwasser
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	6	0,2	0,3	62,5	0,2	0,3	62,5	Kakaopulver
15 Alkoholische Getränke	5	<0,1	0,1	0,4	<0,1	0,1	0,4	Weinhaltiges Getränk (Weinschorle, Glühwein)
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	7	0,3	2,8	25,4	0,3	2,8	25,4	Beikost: Hirse Getreidebrei (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	6	0,3	6,5	14,9	0,3	6,5	14,9	Texturiertes Soja
18 Speisen und Gerichte	31	0,7	6,2	24,7	0,7	6,2	24,7	Burger
19 Würzmittel und Soßen	16	0,4	3,6	13,7	0,4	3,6	13,7	Soße mit Fleischeinlage

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-35: Zinkgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei konventioneller Erzeugung in mg/kg

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	2,6	10,9	29,2	2,6	10,9	29,2	Haferflocken
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	0,9	1,9	8,6	0,9	1,9	8,6	Spinat
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	1,9	2,2	3,4	1,9	2,2	3,4	Bratkartoffeln
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	1,4	11,9	21,8	1,4	11,9	21,8	Erdnüsse
05 Obst und Obstprodukte	7	0,3	0,7	1,6	0,3	0,7	1,6	Banane
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	11,2	25,3	52,8	11,2	25,3	52,8	Schwein, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	2,2	3,8	31,9	2,2	3,8	31,9	Schnittkäse
09 Eier und Eierprodukte	2	11,1	12,3	13,5	11,1	12,3	13,5	Spiegelei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0,2	0,9	10,0	0,2	0,9	10,0	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	<0,1	0,1	0,7	0,1	0,1	0,7	Butter
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	Fruchtsaft, Orange
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	Tee (Getränk)
15 Alkoholische Getränke	3	<0,1	0,8	0,9	<0,1	0,8	0,9	Rotwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	0,8	7,8	40,0	0,8	7,8	40,0	Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	1,5	5,5	30,8	1,5	5,5	30,8	Rinderroulade
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Tabelle A-36: Zinkgehalte der BfR-MEAL-Studie nach Lebensmittelhauptgruppen bei biologischer Erzeugung in mg/kg

Lebensmittelgruppe	N	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum)
		Min	P50	Max	Min	P50	Max	
01 Getreide und Getreideprodukte	15	5,0	13,9	26,6	5,0	13,9	26,6	Haferflocken
02 Gemüse, Gemüseprodukte und Pilze	13	0,9	1,8	7,7	0,9	1,8	7,7	Spinat
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse daraus	4	2,1	2,3	2,9	2,1	2,3	2,9	Bratkartoffeln
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	0,9	16,9	27,7	0,9	16,9	27,7	Erdnüsse
05 Obst und Obstprodukte	7	0,2	0,7	1,4	0,2	0,7	1,4	Banane
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	13,1	23,3	58,3	13,1	23,3	58,3	Schwein, Leber
07 Fisch, Krusten- und Weichtiere und Erzeugnisse daraus	0	-	-	-	-	-	-	-
08 Milch und Milchprodukte	7	2,0	3,9	33,0	2,0	3,9	33,0	Schnittkäse
09 Eier und Eierprodukte	2	12,0	12,1	12,2	12,0	12,1	12,2	Hühnerei
10 Zucker, Süßwaren und süße Desserts auf Wasserbasis	3	0,4	0,9	11,6	0,4	0,9	11,6	Milchschokolade
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	<0,1	0,1	0,6	0,1	0,2	0,6	Butter
12 Gemüsesäfte, Fruchtsäfte und -nektare	2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	Fruchtsaft, Orange
13 Wasser und Getränke auf Wasserbasis	0	-	-	-	-	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee und Aufgüsse	3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	Kräutertee (Getränk)
15 Alkoholische Getränke	3	<0,1	0,6	0,7	<0,1	0,6	0,7	Rotwein
16 Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	4	1,2	11,5	35,9	1,2	11,5	35,9	Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Produkte für spezielle Ernährungsformen und Lebensmittelimitate	1	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	Tofu
18 Speisen und Gerichte	21	1,3	6,0	22,4	1,3	6,0	22,4	Frikadelle
19 Würzmittel und Soßen	0	-	-	-	-	-	-	-

N: Anzahl Lebensmittel; mLB: modified Lower Bound; UB: Upper Bound; P50: Median

Über das BfR

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ist ein wissenschaftlich unabhängiges Public-Health-Institut im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH). Es berät die Bundesregierung und die Bundesländer zu Fragen der Lebens- und Futtermittel-, Chemikalien- und Produktsicherheit. Das BfR betreibt eigene Forschung zu Themen, die in engem Zusammenhang mit seinen Bewertungsaufgaben stehen.

Impressum

Herausgeber:

Bundesinstitut für Risikobewertung

Max-Dohrn-Straße 8-10

10589 Berlin

T +49 30 18412-0

F +49 30 18412-99099

bfr@bfr.bund.de

bfr.bund.de

BfR-Autor/innen: Tobias Höpfner, Dr. Anna Kolbaum, Dr. Dorit Bloch, Ulrich Bösing, Katrin Blume, Dr. Christian Jung, Anna-Lena Klook, Dr. Britta Nagl, Dr. Lars Niemann, Nicole Nowak, Dr. Ulrike Pabel, Dr. Sebastian Ptok, Dr. Irmela Sarvan, Dr. David Schumacher, Dr. Katharina Sommerkorn, Dr. Anke Weißenborn, Melanie Wollenberg, Prof. Dr. Matthias Greiner, Dr. Oliver Lindtner

Weitere Autor/innen: Vorname Name, Vorname Name

Anzahl Tabellen: 58

Anzahl Abbildungen: 27

Anzahl Seiten: 161

Anstalt des öffentlichen Rechts

Vertreten durch den Präsidenten Professor Dr. Dr. Dr. h. c. Andreas Hensel

Aufsichtsbehörde: Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat

USt-IdNr: DE 165 893 448

V.i.S.d.P: Dr. Suzan Fiack



gültig für Texte, die vom BfR erstellt wurden

Bilder/Fotos/Grafiken sind ausgenommen, wenn nicht anders gekennzeichnet

**BfR | Risiken erkennen –
Gesundheit schützen**