

Arsen in Reis und Reisprodukten

Stellungnahme Nr. 018/2015 des BfR vom 24.06.2014

Arsen kommt in unterschiedlichen Konzentrationen überall im Boden vor. Schon länger ist bekannt, dass Getreide wie Reis mehr Arsen in der Form von anorganischen Arsenverbindungen (auch bezeichnet als „anorganisches Arsen“) aus der Umwelt enthalten kann als andere Getreidearten. Die Höhe der Gehalte an Arsen in Reis hängt von mehreren Faktoren ab, wie beispielsweise dem Arsengehalt im Boden und im Bewässerungswasser, der Reissorte und auch der Lebensmittelzubereitung. Anorganische Arsenverbindungen können bei langfristiger Aufnahme auch in vergleichsweise kleinen Mengen verschiedene Organsysteme beeinträchtigen. Die Aufnahme von anorganischem Arsen mit dem Trinkwasser korreliert in epidemiologischen Studien unter anderem mit Hauterkrankungen und einem erhöhten Risiko für bestimmte Krebserkrankungen. Aufgrund dessen klassifizieren internationale Gremien anorganisches Arsen als krebserregend für den Menschen. Der krebserregende Mechanismus von anorganischem Arsen ist nicht vollständig geklärt. Bislang lässt sich deswegen keine sichere Aufnahmemenge ableiten, die nicht mit einer Erhöhung des Krebsrisikos einhergehen kann. Das Vorkommen von anorganischem Arsen in Lebensmitteln ist daher in jeder Menge unerwünscht, lässt sich aber nicht vollständig vermeiden.

Untersuchungen der für die Überwachung zuständigen Behörden der Bundesländer haben bestätigt, dass Reis und Reisprodukte wie zum Beispiel Reiswaffeln oder Reisbrei für Kleinkinder relativ hohe Gehalte an dem toxikologisch besonders relevanten anorganischen Arsen aufweisen können. Diese Befunde decken sich mit Mitteilungen der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA und von Behörden in anderen EU-Staaten. Das Bundesinstitut für Risikobewertung hat im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft das gesundheitliche Risiko durch die Aufnahme von anorganischen Arsenverbindungen beim Verzehr von Reis und Reisprodukten für verschiedene Verbrauchergruppen bewertet.

Das BfR kommt nach einer Bewertung basierend auf dem Margin-of-Exposure-Konzept¹ zu der Auffassung, dass hinsichtlich des Krebsrisikos gesundheitliche Beeinträchtigungen möglich sind. Die Gehalte an anorganischem Arsen in Lebensmitteln sollten daher auf ein unvermeidbares Minimum reduziert werden (ALARA-Prinzip).

Als Handlungsoption empfiehlt das BfR, Möglichkeiten zur Reduktion der Exposition gegenüber anorganischen Arsenverbindungen aus Reis und Reisprodukten zu prüfen. Die Daten zeigen, dass die Gehalte in einigen der untersuchten Reisprodukte höher sind als in Reiskörnern. Die Ursachen für die höheren Gehalte an Arsenverbindungen in diesen Reisprodukten im Vergleich zu Reiskörnern sollten aufgeklärt werden. Es sollte nach Möglichkeiten gesucht werden, die Arsengehalte in den Produkten zu minimieren. Weiterhin sollten die Verzehrdaten zu Reisprodukten aktualisiert werden, damit die Exposition insbesondere für Kleinkinder realistisch geschätzt werden kann.

¹ Der Margin of Exposure drückt das Verhältnis aus, das zwischen der Exposition der Verbraucher und der Exposition besteht, die entweder in einem Tierexperiment oder in epidemiologischen Studien eine gesundheitliche Beeinträchtigung (z.B. Erhöhung der Tumorzinzidenz) hervorruft, die bei einem bestimmten Prozentsatz der exponierten Versuchstiere bzw. Bevölkerung zusätzlich auftritt. Er wird angewendet, wenn sich experimentell keine Dosis ohne Wirkung ermitteln lässt, und gibt dem Risikomanagement Hinweise über die Dringlichkeit, mit der Maßnahmen erforderlich sind.

BfR		BfR-Risikoprofil: Arsen in Reis und Reisprodukten (Stellungnahme Nr. 018/2015)			
A Betroffen sind	1. Kinder 2. Allgemeinbevölkerung				
B Wahrscheinlichkeit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung	Praktisch ausgeschlossen	Unwahrscheinlich	Möglich	Wahrscheinlich	Gesichert
C Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung	Keine Beeinträchtigung	Leichte Beeinträchtigung [reversibel/irreversibel]	Mittelschwere Beeinträchtigung [reversibel/irreversibel]	Schwere Beeinträchtigung irreversibel	
D Aussagekraft der vorliegenden Daten	Hoch: Die wichtigsten Daten liegen vor und sind widerspruchsfrei		Mittel: Einige wichtige Daten fehlen oder sind widersprüchlich	Gering: Zahlreiche wichtige Daten fehlen oder sind widersprüchlich	
E Kontrollierbarkeit durch Verbraucher	Kontrolle nicht notwendig	Kontrollierbar durch Vorsichtsmaßnahmen	Kontrollierbar durch Verzicht	Nicht kontrollierbar	

Erläuterungen

Das Risikoprofil soll das in der BfR-Stellungnahme beschriebene Risiko visualisieren. Es ist nicht dazu gedacht, Risikovergleiche anzustellen. Das Risikoprofil sollte nur im Zusammenhang mit der Stellungnahme gelesen werden.

B: Der krebsauslösende Mechanismus von anorganischem Arsen ist nicht vollständig geklärt. Aus den bisherigen Kenntnissen zum krebsauslösenden Mechanismus und den epidemiologischen Daten ist keine Aufnahmemenge ableitbar, die nicht mit einer Erhöhung des Krebsrisikos einhergehen kann. Eine Exposition gegenüber anorganischem Arsen wird daher so bewertet, dass schon kleinste Mengen das Risiko für bestimmte Krebserkrankungen erhöhen können und das ALARA Prinzip anzuwenden ist.

E: Verbraucherinnen und Verbraucher können die jeweilige Höhe der Gehalte an anorganischem Arsen im Reis oder in den Reisprodukten nicht erkennen und somit auch nicht kontrollieren. Durch die Variation des Verzehrs von Getreidesorten und -produkten (Reduktion des Reisanteils) können sie aber ihre Arsenaufnahme über Reis und Reisprodukte reduzieren.

1 Gegenstand der Bewertung

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) beauftragte das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) mit einer gesundheitlichen Bewertung des Auftretens von Arsen in Reis und Reisprodukten. Dabei sollte ein Bericht des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) zum gleichen Sachverhalt besonders berücksichtigt werden. Der Bericht des LGL (im Folgenden bezeichnet als LGL 2012) bewertet Untersuchungsergebnisse zu anorganischem Arsen in 80 Proben Reiskörnern und 86 Proben Reisprodukten (insbesondere Reiswaffeln).

Für seine Bewertung hat das BfR weitere Daten zu Gehalten von anorganischem und organischem Arsen in Reis und Reisprodukten sowie in anderen Lebensmitteln berücksichtigt, die durch das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit (BVL) zur Verfügung gestellt wurden. Es handelt sich dabei um insgesamt 62.552 Datensätze zu Arsengehalten in Lebensmitteln² (33.664 Datensätze aus Untersuchungen der Jahre 2000–2005 und 28.888 Datensätze aus Untersuchungen der Jahre 2006–2012). Auf Basis der vom Max Rubner-Institutes (MRI) übermittelten Informationen zu BLS-Codes von Puffreis bzw. Reiswaffeln in der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II) wurden die Verzehrdaten für Reiswaffeln und Puffreis ermittelt und präzisiert. Diese Daten sind in die Expositionsschätzung eingeflossen. Es wurde zudem eine Expositionsschätzung für Säuglingsnahrung auf Reibasis vorgenommen. Hierfür wurden die Messdaten des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) zu Reisbrei und Reisflocken herangezogen. Die vorliegende Fassung der Stel-

² Probenzahlen ohne Datenbereinigung

lungnahme berücksichtigt auch neue Erkenntnisse zur Exposition der Bevölkerung in Europa gegenüber anorganischem Arsen (EFSA 2014).

2 Ergebnis

In der vorliegenden Stellungnahme wurde die Aufnahme von anorganischem Arsen durch Verzehr von Reis und Reisprodukten gesundheitlich bewertet.

Nach dem Modell für langfristige Exposition sind gesundheitliche Beeinträchtigungen bezüglich nichtkanzergener Effekte durch die Aufnahme von anorganischem Arsen für die hier betrachteten Bevölkerungsgruppen allein aufgrund des Verzehrs von Reis und Reisprodukten unwahrscheinlich.

Gesundheitliche Beeinträchtigungen durch die Aufnahme von anorganischem Arsen aufgrund eines kurzfristigen hohen Verzehrs allein von Reis und Reisprodukten sind nach dem vorliegenden Expositionsmodell ebenfalls unwahrscheinlich.

Für die *kanzerogene Wirkung* von anorganischem Arsen lässt sich keine sichere Aufnahmemenge angeben, die nicht mit einer Erhöhung des Krebsrisikos in Verbindung stehen kann. Gesundheitliche Risiken bezüglich kanzergener Effekte durch die Aufnahme von anorganischem Arsen aufgrund des Verzehrs von Reis und Reisprodukten sind daher möglich. Für Erwachsene und Kinder ergeben sich für die Aufnahmemengen an anorganischem Arsen durch Verzehr von Reis und Reisprodukten vergleichsweise niedrige MOE-Werte (MOE-Werte für Kinder bei mittleren Verzehrsmengen 9 bis 500, bei hohen Verzehrsmengen [P95] MOE-Werte 2 bis 143; für Erwachsene bei mittleren Verzehrsmengen MOE-Werte 37 bis 1.000, bei hohen Verzehrsmengen MOE-Werte 12 bis 320).

Die niedrigen MOE-Werte zeigen, dass nur ein geringer Abstand zwischen der im Expositionsmodell geschätzten Aufnahmemenge von anorganischem Arsen durch Verzehr von Reis und Reisprodukten und den aus epidemiologischen Studien zum Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber anorganischem Arsen im Trinkwasser und adversen Effekten abgeleiteten toxikologischen Referenzwerten (0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag) besteht. Nach dem vorliegenden Expositionsmodell führt der Verzehr von Reis und Reisprodukten zu Aufnahmemengen, die einen vergleichsweise geringen Abstand zu Aufnahmemengen haben, für die in epidemiologischen Studien eine Assoziation zu einem zusätzlichen Lungenkrebsrisiko bei Aufnahme von anorganischem Arsen mit dem Trinkwasser beobachtet wurde.

Für einzelne Bevölkerungsgruppen ergeben sich auch vergleichsweise niedrige MOE-Werte für die Aufnahmemengen an anorganischem Arsen, die allein aus dem langfristigen Verzehr von bestimmten Reisprodukten resultieren.

Aus den niedrigen MOE-Werten resultiert eine hohe Priorität, die Exposition von Verbrauchern aller Altersgruppen gegenüber anorganischem Arsen zu reduzieren.

Das BfR empfiehlt, Möglichkeiten zur Reduktion der Exposition gegenüber anorganischem Arsen durch den Verzehr von Reis und Reisprodukten für Verbraucher aus allen Altersgruppen zu prüfen.

Aus Sicht des BfR sollten die Gründe für die in bestimmten Reisprodukten relativ zu Reiskörnern höheren Gehalte an anorganischem Arsen aufgeklärt werden. Das BfR empfiehlt weiterhin eine Aktualisierung der Verzehrdaten zu Reisprodukten.

Aus der aktuellen Stellungnahme der EFSA (2014) zur Exposition gegenüber anorganischem Arsen durch Lebensmittelverzehr wird ersichtlich, dass für die europäische Bevölkerung Lebensmittel mit deutlich geringeren Gehalten an anorganischem Arsen im Vergleich zu Reis wegen der hohen Verzehrsmengen den größten Beitrag zur Exposition gegenüber anorganischem Arsen leisten können. So tragen bei Säuglingen Milch und Milchprodukte (jedoch nicht die Frauenmilch), Trinkwasser und Säuglingsnahrung vorrangig zur Exposition gegenüber anorganischem Arsen bei. Bei den übrigen Altersgruppen sind den meisten Ernährungsstudien zufolge nicht-reisbasierte Getreideprodukte (hauptsächlich Weizenbrot und Brötchen) die Hauptquelle der Exposition gegenüber anorganischem Arsen. Weiterhin tragen Reis, Milch und Milchprodukte und Trinkwasser erheblich zur Arsenaufnahme bei (EFSA 2014).

3 Begründung

3.1 Risikobewertung

3.1.1 Mögliche Gefahrenquelle

Arsen

Arsen (Elementsymbol As, CAS-Nummer 7440-38-2, Atomgewicht 74,92) ist ein Halbmetall, das natürlicherweise in der Erdkruste vorkommt. Im Wesentlichen ist es Begleiter sulfidischer Zink-, Blei- und Kupfererze (Marquardt und Schäfer 2004). Aus diesen wird Arsen durch natürliche und anthropogene Prozesse wie die Kupfer- und Bleiproduktion, die metallverbrauchende Industrie oder durch die Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen in die Umwelt freigesetzt (EFSA 2009).

In Böden wird Arsen in erster Linie durch Phosphatdünger und Klärschlamm eingebracht. Das in Gewässern gelöste Arsen kann sowohl aus der Freisetzung aus Sedimenten als auch aus Industrie- und Haushaltsabwässern stammen. Arsenreiche Sedimente bedingen in Indien und Bangladesch teilweise hohe Konzentrationen an Arsen im Grundwasser. In die Luft werden Arsenverbindungen durch Waldbrände, Vulkanausbrüche und industrielle Prozesse (z.B. Kohlekraftwerke) eingebracht.

Der nicht sachgemäße Umgang mit Abfällen beispielsweise aus der Metallindustrie oder die nicht sachgemäße Entsorgung von Holzabfällen, die mit arsenhaltigen Holzschutzmitteln behandelt sind, kann lokal und regional zu einer erhöhten Freisetzung von Arsenverbindungen in die Umwelt führen.

Eine Hauptanwendung für Arsenverbindungen war in der Vergangenheit der Einsatz als Wirkstoff in Holzschutzmitteln, Fungiziden, Herbiziden und Insektiziden. In der EU regelt Verordnung EC Nr. 1907/2006, dass Arsenverbindungen bis auf einige Ausnahmefälle nicht verwendet werden dürfen als Stoffe oder Bestandteile von Zubereitungen, die zur Verhinderung des Bewuchses durch Mikroorganismen, zum Holzschutz oder zur Aufbereitung von Brauchwasser bestimmt sind. Spezielle Anwendungen für elementares Arsen sind z.B. Antifriktionsmittel, Legierungen von Munition und Galliumarsenid-Halbleiter in der Elektronikindustrie (EFSA 2009).

Arsen kommt in vielen verschiedenen anorganischen und organischen Verbindungen und in unterschiedlichen Oxidationsstufen (-3, +3, +5) vor. Bei dem größten Teil der Arsenverbindungen, die in Lebewesen und Lebensmitteln nachgewiesen werden, liegt Arsen in der Oxidationsstufe +5 vor.

Anorganisches Arsen liegt in der Umwelt in Wasser, Boden und Lebensmitteln fünfwertig (als Arsenat [V], As [V], $[\text{AsO}_4]^{3-}$) oder dreiwertig (als Arsenat [III], As [III]) oder Arsenit $[\text{AsO}_3]^{3-}$) vor. In der Luft kommt hauptsächlich Arsentrioxid (As_2O_3) vor (ATSDR 2007).

Organische Arsenverbindungen enthalten Kohlenstoff und Wasserstoff, sie entstehen durch Metabolisierung anorganischer Arsenverbindungen (Methylierung) und den Einbau in Biomoleküle. Die wichtigsten organischen Arsenverbindungen, die in Lebensmitteln nachweisbar sind, sind Arsenobetain (das ist die am häufigsten vorkommende Arsenverbindung in Fisch und Meeresfrüchten) und Arsenozucker (das ist die am häufigsten vorkommende Arsenverbindung in marinen Algen). Außerdem können geringe Mengen an Arsenolipiden, Arsenocholin und einfachen methylierten Arsenverbindungen (Methylarsonat bzw. Monomethylarsonsäure, Dimethylarsinat bzw. Dimethylarsinsäure, Trimethylarsinoxid und Tetramethylarsoniumion) in Lebensmitteln nachgewiesen werden. In Reis sind neben anorganischem As (III) und As (V) auch Monomethylarsonsäure und Dimethylarsinsäure nachweisbar (D'Amato et al. 2004).

Reis und Reisprodukte

Reis (*Oryza sativa* L.) ist ein Getreide. Die hauptsächlich angebaute Art *Oryza sativa* L. ist einjährig und umfasst über 10.000 Varietäten, die in drei Subspezies eingeteilt werden: *indica* (Langkornreis, bekannte Sorten z.B. Patna-Reis oder Basmati-Reis), *japonica* (Rundkornreis, z.B. kalkig weiße Körner, die besonders zur Zubereitung von Milchreis geeignet sind) und *javanica* (Mittelkornreis).

Die Hauptanbauggebiete weltweit liegen in Südostasien, weitere wichtige Anbauggebiete liegen in den USA und Südamerika (Brasilien). In Europa wird die größte Menge Reis in Italien produziert, gefolgt von der Russischen Föderation, Spanien, Griechenland, der Ukraine und Frankreich (FAOSTAT Abfrage für 2010). Reis ist Hauptnahrungsmittel für nahezu zwei Drittel der Weltbevölkerung. In einigen Ländern Asiens liefert Reis 75 % der täglichen Kalorienaufnahme (FAO 2001 in Roy et al. 2011). Der jährliche Pro-Kopf-Verbrauch in Deutschland wird auf 3 bis 4 kg beziffert (3,9 kg in den Jahren 2002/03, Ternes et al. 2005).

Ungeschälter Rohreis, der nach dem Dreschen erhalten wird, wird auch als Paddyreis bezeichnet. Exportiert wird meistens die entspelzte Reiserfrucht (Mehlkörper, Keimling, Silberhäutchen), die auch als Vollkornreis vermarktet wird³. Ein weiterer Verarbeitungsschritt ist das Schleifen (Ausmahlung⁴, Entfernung von Silberhäutchen und Keimling zum größten Teil; bei einem Ausmahlungsgrad von ca. 93 % wird das Produkt als „weißer Reis“ bezeichnet, bei einem Ausmahlungsgrad von 82–85 % wird das Produkt als „polierter Reis“ bezeichnet). Um den Verlust von Vitaminen und Mineralstoffen beim Schleifen einzuschränken, wird Reis bei der Herstellung von „parboiled Reis“ vor dem Schälen in Wasser eingeweicht und dann mit Heißdampf behandelt. Ein Teil einiger Inhaltsstoffe wandert dabei aus den Außenschichten in das Innere des Kornes (Roy et al. 2012; Ternes et al. 2005).

In der weiteren Stellungnahme wird unter dem Begriff „**Reiskörner**“ jeder Verarbeitungsgrad im Einzelhandel erhältlichen Reises zusammengefasst. Unter dem Begriff „**weißer Reis**“ werden Reise zusammengefasst, die in der Datenübermittlung des BVL als nicht näher spe-

³ Vollkornreis ist eine Bezeichnung für Reis, der ungeschliffen und unpoliert gegart und gegessen wird. Das komplette Reiskorn, wie es nach dem Dreschen vorliegt, ist ungenießbar. Andere Bezeichnungen: geschälter Reis, brauner Reis, Cargoreis, Naturreis.

⁴ „Gemahlener Reis“ bedeutet hier, dass der Reis von seinen Außenschichten befreit ist, nicht unbedingt, dass er zu Mehl verarbeitet wurde.

zifiziert, Rundkornreis, Langkornreis oder parboiled Reis bezeichnet werden. „**Brauner Reis**“ fasst Reise zusammen, die bei der Datenübermittlung des BVL als Naturreis, Vollkornreis oder Reis ungeschliffen bezeichnet werden. Reise, die bei der Datenübermittlung als „parboiled Reis“ bezeichnet werden, sind entweder unter diesem Begriff gesondert aufgeführt oder werden, falls eine getrennte Auswertung nicht möglich ist, unter dem Begriff „weißer Reis“ geführt.

Durch weitere Verarbeitungsprozesse werden aus Reiskörnern und den vom Reis entfernten Randbestandteilen (Kleie) verschiedene Nahrungsmittel hergestellt (Ternes et al. 2005). Aus der *Reiskleie* wird *Reiskeimöl* (Reiskleieöl, Reisöl) gewonnen. *Reisstärke* wird aus Bruchreis (bei der Verarbeitung von Reis anfallende gebrochene Körner) gewonnen und der bei dem Prozess als Nebenprodukt anfallende *Reiskleber* wird als Rohstoff für Suppenwürze und die Natriumglutamatherstellung und als Futtermittel verwendet. *Reismehl* besteht entweder aus gemahlenem Bruchreis oder einer Mischung von Mehl aus den Randschichten des Reiskorns (Schleifmehl) und feinem Bruch und wird dann in bester Qualität auch für Säuglingsnahrungsmittel, zum Großteil aber als Viehfutter verwendet. Weitere, für die Kinderernährung verwendete Reisprodukte sind *Reisflocken*, für die weißer Reis oder Bruchreis auf beheizten Walzen zu dünnsten Flocken gepresst wird, und durch Walzentrocknung aufgeschlossenes Reismehl (*Reisquellmehl*), das als Instantreisnährmittel nach Anrühren mit Flüssigkeiten ohne Kochen verzehrfertig ist. *Reisknusperflocken* (Reiscrispies) werden aus einem Brei aus poliertem Reis und weiteren Zutaten durch Trocknung, Konditionierung⁵, Walzen und evtl. Rösten hergestellt. Für Puffreis werden Reiskörner einer Temperatur von 220 °C und 1 MPa Druck ausgesetzt, wobei das Endosperm schnell expandiert und die verkleisternde Stärke zu einer Schaumstruktur führt. *Reiswaffeln* (Reis-Cracker, Reissnacks) werden aus gepufftem braunem Reis und möglichen anderen Zutaten hergestellt, wobei Mineralstoffe erhalten bleiben, Vitamine aber zum Teil verloren gehen (B-Vitamine) (Ternes et al. 2005).

3.1.2 Gefährdungspotenzial

Die Toxizität von Arsen ist abhängig von der Art der jeweiligen chemischen Verbindung (z.B. anorganisches oder organisches Arsen, Oxidationsstufen), der Löslichkeit und dem Aufnahmeweg.

Organische Arsenverbindungen

Die toxischen Wirkungen **organischer** Arsenverbindungen sind unterschiedlich und müssen separat betrachtet werden (EFSA 2009). Allgemein werden organische Arsenverbindungen als weniger toxisch im Vergleich zu anorganischen Arsenverbindungen angesehen. Organische Arsenverbindungen, die sich in Fisch und Meeresfrüchten anreichern, sind in erster Linie Arsenobetain und Arsenocholin. Diese Verbindungen gelten als toxikologisch nicht relevant (ATSDR 2007, EFSA 2009). Die Toxizität anderer organischer Arsenverbindungen ist weitgehend ungeklärt. Die toxikologischen Bewertungen internationaler Gremien (EFSA 2009, WHO/FAO 2011) für Arsen in Lebensmitteln konzentrieren sich daher auf anorganische Arsenverbindungen.

Toxikokinetik organischer Arsenverbindungen

⁵ Konditionieren = mit Dampf versetzen

Zur Resorption organischer Arsenverbindungen beim Menschen liegen nur wenige Erkenntnisse vor. Es gibt Hinweise auf Resorptionsraten von 75 % (Dimethylarsinat [DMA] und Methylarsonat [MA]), 80 % (Arsenzucker) und >70 % (Arsenobetain) nach oraler Aufnahme (EFSA 2009). In einem Schweinemodell waren 33 % des organischen Arsens in Reis (Dimethylarsinsäure) bioverfügbar (Juhasz et al. 2006).

Zur Verteilung organischer Arsenverbindung in Blut und Organen des Menschen und zum möglichen plazentaren Übergang ist kaum etwas bekannt. Arsenobetain wird beim Menschen nicht metabolisiert, sondern unverändert ausgeschieden. Arsenozucker und Arsenolipide werden dahingegen zu fünfwertigem Dimethylarsinat (DMA) metabolisiert und im Urin ausgeschieden (FAO/WHO 2011). Im Vergleich zu anderen Spezies, einschließlich des Menschen, ist die Halbwertszeit von DMA bei Ratten deutlich länger im Vergleich zu anderen Spezies, einschließlich des Menschen. DMA wird bei Ratten effektiver methyliert (ATSDR 2007).

Toxische Wirkungen organischer Arsenverbindungen

Zur akuten Toxizität organischer Arsenverbindungen beim Menschen liegen keine Erkenntnisse vor (EFSA 2009). In Tierstudien zeigen die meisten organischen Arsenverbindungen inklusive der fünfwertigen methylierten Metabolite von anorganischem Arsen MA (V) und DMA (V) eine geringere akute Toxizität im Vergleich zu anorganischem Arsen. Die dreiwertigen methylierten Metabolite sind jedoch *in vitro* stärker zytotoxisch als anorganisches dreiwertiges Arsen (Petrick et al. 2000). Methylarsonit (MA [III]) zeigt auch im Tierversuch eine hohe akute Toxizität (FAO/WHO 2011).

Der sensitivste Effekt nach wiederholter Gabe von Methylarsonat (MA [V]) ist Diarrhoe. Der sensitivste Effekt nach wiederholter Gabe von Dimethylarsinat (DMA [V]) ist Blasenkarzinogenität bei Ratten (EFSA 2009). Die höhere Sensitivität von Ratten im Vergleich zu anderen Spezies wird auf höhere Metabolisierungskapazität zu DMA III und geringere Elimination zurückgeführt (ATSDR 2007, FAO/WHO 2011).

DMA (V) erhöhte in einer Karzinogenitätsstudie mit Mäusen auch die Inzidenz für Tumoren in der Lunge. In einer Studie, in der Mäusen fünfwertiges Arsen (As [V]) und dreiwertiges Methylarsonit (MA [III]) über das Trinkwasser verabreicht wurde, zeigte MA (III) bei der höchsten Dosierung ein stärkeres Potenzial zur Induktion von Lymphomen (FAO/WHO 2011). DMA (V) und MA (V) wurden von der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) als „möglicherweise kanzerogen für den Menschen“ (Gruppe 2B) klassifiziert (IARC 2012). Arsenobetain und andere organische Arsenverbindungen, die beim Menschen nicht metabolisiert werden, werden von der IARC als „nicht klassifizierbar bezüglich ihrer Karzinogenität für den Menschen“ (Gruppe 3) klassifiziert. Für nichtkanzerogene Wirkungen nach chronischer oraler Exposition wurde ein Minimal Risk Level (MRL)⁶ von 0,02 mg DMA/kg Körpergewicht (KG)/Tag abgeleitet (ATSDR 2007).

MMA (III) und DMA (III) induzieren keine Punktmutationen (IARC 2012), sind aber in der Lage, chromosomale Aberrationen auszulösen. In einigen Testsystemen besitzen die dreiwertigen organischen Arsenverbindungen ein stärkeres genotoxisches Potenzial als anorganische Arsenverbindungen (Hemmung der Nukleotid-Excisions-Reparatur *in vitro*, Induktion von DNA-Strangbrüchen *in vitro*). DMA (V) induzierte im Tierversuch DNA-Strangbrüche in der Lunge und Aneuploidien im Knochenmark (FAO/WHO 2011).

⁶ Minimal Risk Level (MRL): Schätzwert einer täglichen Exposition gegenüber einem Stoff, die bei einer bestimmten Expositionsdauer wahrscheinlich kein nennenswertes Risiko für einen adversen gesundheitlichen Effekt für den Menschen (nichtkanzerogener Effekt) darstellt (ATSDR 2007)

Anorganische Arsenverbindungen

Für **anorganische** Arsenverbindungen bestehen große Variabilitäten im Metabolismus und in der Toxikokinetik zwischen unterschiedlichen Spezies, Populationen und Individuen (EFSA 2009). Ergebnisse aus Tierexperimenten eignen sich daher nicht für die Ableitung von toxikologischen Grenzwerten für anorganisches Arsen für die Bewertung gesundheitlicher Risiken für den Menschen (ATSDR 2007).

Dreiwertige anorganische Arsenverbindungen sind in der Regel toxischer als fünfwertige und zeigen eine hohe Bereitschaft, mit Verbindungen mit benachbarten SH-Gruppen zu reagieren und so beispielsweise Enzyme zu hemmen. Da die Unterschiede in der Toxizität nicht groß sind, die Verbindungen in der Umwelt oder nach der Aufnahme in den Körper ineinander umgewandelt werden können und die Analytik in Lebensmitteln und anderen Umweltmedien meist nicht zwischen den einzelnen Verbindungen differenziert, werden anorganische Verbindungen unterschiedlicher Oxidationsstufen in der vorliegenden Stellungnahme wie auch in internationalen Bewertungen gemeinsam bewertet (ATSDR 2007, JECFA 2011, EFSA 2009).

Toxikokinetik anorganischer Arsenverbindungen

Die Bioverfügbarkeit von anorganischem Arsen hängt unter anderem von der Löslichkeit der jeweiligen Arsenverbindung und der Matrix, in der sie vorliegt, ab. Gut wasserlösliche anorganische Arsenverbindungen werden nach oraler Aufnahme in beträchtlichem Ausmaß (bis zu 95 %) im Magen-Darm-Trakt resorbiert (EFSA 2009).

Im Blut findet sich Arsen in Plasma und in Erythrozyten, wo es an Hämoglobin bindet (EFSA 2009). Bei den meisten Spezies, auch dem Menschen, wird Arsen rasch aus dem Blut eliminiert. Erhöhte Gehalte werden dann in Leber, Niere, Milz und Lunge gefunden. Eine Ausnahme bilden Ratten, bei denen Arsen auch in Erythrozyten akkumuliert (EFSA 2009). Nach einiger Zeit verlagert sich das Arsen in Gewebe mit hoher Konzentration an schwefelhaltigen Proteinen und wird bei vielen Spezies dann vor allem in Haaren, Nägeln und Haut nachgewiesen (EFSA 2009). Arsen geht in die Plazenta über, wird aber nur in geringer Menge mit der Milch ausgeschieden (EFSA 2009).

Anorganisches Arsen wird im Säugermetabolismus zum Großteil in Form von methylierten Metaboliten mit dem Urin ausgeschieden. Aufgenommenes Arsenat (V) wird zunächst beispielsweise durch Glutathion-S-Transferasen zu stärker reaktivem Arsenit (III) reduziert. Daran schließt sich eine oxidative Methylierung zum fünfwertigen Methylarsonat (MA [V]) an. Dieser Metabolit kann wiederum reduziert werden (dreiwertiges Methylarsonit MA [III]) und anschließend nochmals oxidativ methyliert werden zum fünfwertigen Dimethylarsinat (DMA [V]). Ob beim Menschen eine weitere Reduktion zum instabilen dreiwertigen Dimethylarsinit (DMA [III]) stattfindet, ist unklar. Aktuelle Studien weisen in Urin und Zehennägeln arsenexponierter Personen neben anorganischem Arsen nur fünfwertige methylierte Metabolite (Methylarsonat, MA [V] und Dimethylarsinat, DMA [V]) nach (Button et al. 2009). In der Effizienz, mit der anorganische Arsenverbindungen im Säugerorganismus methyliert werden, bestehen große Interspezies- und Intraspeziesunterschiede. Die meisten Versuchstiere methylieren Arsen deutlich effizienter als Menschen (EFSA 2009). Die Ausscheidung erfolgt bei den meisten Spezies inklusive des Menschen in erster Linie über den Urin, bei Ratten steht hingegen die biliäre Ausscheidung im Vordergrund.

Toxische Wirkungen anorganischer Arsenverbindungen

Eine Vielzahl von Organsystemen kann durch die Toxizität nach kurzfristiger Aufnahme betroffen sein (Gastrointestinaltrakt, Herz-Kreislauf-System, Nieren, Nervensystem, Atemtrakt, Leber, Blut und Haut). Als sensitivste Effekte wurden das Auftreten von Gesichtssödemen und gastrointestinalen Störungen beschrieben. Der Lowest Observable Adverse Effect Level (LOAEL) liegt bei 0,05 mg/kg KG/Tag (FAO/WHO 2011). Für die **akute bzw. subakute orale⁷ Exposition** (bis zu 14 Tagen) von anorganischem Arsen beim Menschen wird ein Minimal Risk Level (MRL) von 0,005 mg/kg KG/Tag abgeleitet (ATSDR 2007)⁸.

Bei **chronischer Exposition** ist beim Menschen die Haut das sensitivste Organ für nicht-karzinogene Wirkungen von anorganischem Arsen. Typische dermale Effekte sind Hyperkeratosen, besonders der Handflächen und Fußsohlen, und Veränderungen der Pigmentierung (beginnend bei 0,002–0,02 mg As/kg KG/Tag). Außerdem treten Schäden an peripheren Blutgefäßen auf, die zu Akrocyanosen⁹ und dem Absterben von Gewebe (Gangrän¹⁰, „Blackfoot-Disease“ an der Südwestküste Taiwans¹¹) führen können. Auch ein erhöhtes Risiko für koronare Herzerkrankungen und Diabetes wird beschrieben (EFSA 2009). Außerdem kann die chronische Exposition gegenüber Arsen zu peripheren Neuropathien führen. Für nichtkarzinogene Wirkungen von anorganischem Arsen wurde für die orale chronische Exposition (>1 Jahr) ein MRL von 0,0003 mg/kg KG/Tag basierend auf einem NOAEL von 0,0008 mg/kg KG/Tag¹² und einem Unsicherheitsfaktor von 3 für die Intraspeziesvariabilität abgeleitet.

Epidemiologische Untersuchungen zu Auswirkungen einer pränatalen Exposition gegenüber Arsen im Trinkwasser auf entwicklungsstoxische Parameter geben Hinweise auf ein statistisch signifikantes, geringfügig erhöhtes Risiko für Fehlgeburten, geringeres Geburtsgewicht, neonatale Mortalität und Fehlbildungen. Einige Studien geben auch Anhaltspunkte für eine entwicklungsneurotoxische Wirkung als Folge einer hohen postnatalen Exposition. Hierbei handelt es sich zumeist um Querschnittsstudien mit geringen Fallzahlen, die keine Rückschlüsse auf die Dosis-Wirkungsbeziehung ermöglichen (EFSA 2009).

Arsen und anorganische Arsenverbindungen wurden von der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) als „kanzerogen für den Menschen“ (Gruppe 1) klassifiziert (IARC 2012). Epidemiologische Studien zeigen einen Zusammenhang zwischen der Aufnahme von anorganischen Arsenverbindungen mit dem Trinkwasser und einem erhöhten Risiko für Hautkrebs, Blasenkrebs und Lungenkrebs. Außerdem wurden Zusammenhänge zwischen der Aufnahme von Arsen und Krebserkrankungen der Niere, der Leber und der Prostata nachgewiesen (IARC 2012).

Anorganisches Arsen bindet nicht kovalent an DNA und induziert keine Punktmutationen im bakteriellen Testsystem. In Säugerzellen *in vitro* und *in vivo* induziert anorganisches Arsen DNA-Schäden, die als Mikrokerne, Schwesterchromatidaustausche, chromosomale Aberra-

⁷ Andere Expositionspfade (inhalativ, dermal) werden in der vorliegenden Stellungnahme nicht beschrieben.

⁸ Basierend auf einem LOAEL von 0,05 mg Arsen/kg KG/d für das Auftreten von Gesichtssödemen und gastrointestinalen Störungen (bei einigen Patienten auch Hautläsionen und Neuropathien) bei Personen, die arsenhaltige Sojasauce (0,1 mg Arsen/ml) verzehrten, und eines Unsicherheitsfaktors von 10 wegen der Verwendung des LOAEL als Startpunkt für die Ableitung des MRL (ATSDR 2007). Exposition: 3 mg/d, 0,05 mg/kg KG/d bei 55 kg KG, Exposition über 2–3 Wochen

⁹ Blaufärbung von Körperanhängen wie z.B. Fingern durch Sauerstoffmangelversorgung

¹⁰ Gangrän = Gewebnekrose, meist durch Blutunterversorgung

¹¹ Diskutiert wird die Auslösung durch hohe Gehalte an Huminsäuren im Wasser.

¹² Der MRL-Wert wurde aus einer Studie zum Zusammenhang von Aufnahme von Arsen mit dem Trinkwasser abgeleitet, NOAEL 0,8 µg/kg KG/Tag (Tseng 1977 in ATSDR 2007) unter Verwendung eines Unsicherheitsfaktors von 3 für die interindividuelle Variabilität. Aufnahme von Arsen über die Nahrung wurde nicht berücksichtigt. In der zugrunde liegenden in Taiwan durchgeführten epidemiologischen Studie traten bei höheren geschätzten Aufnahmemengen Hautläsionen und Fälle von Blackfoot-Disease auf. Für die Aufnahme von Arsen über Lebensmittel wurden 15 bis 211 µg/d (mean 61 µg/d) angenommen (ATSDR 2007).

tionen, Aneuploidien und DNA-Strangbrüche detektiert werden. Auch in epidemiologischen Studien wurde im Zusammenhang mit der Exposition gegenüber Arsen durch Trinkwasser eine erhöhte Frequenz von Mikrokernen, chromosomalen Aberrationen und Schwesterchromatidaustauschen in peripheren Lymphozyten und Epithelzellen der Mundschleimhaut und der Harnblase beobachtet (EFSA 2009).

Die EFSA (2009) leitete für die Endpunkte Hautschäden, Lungenkrebs, Blasenkrebs und Hautkrebs Referenzwerte für die toxikologische Bewertung aus epidemiologischen Studien ab.

Die niedrigsten BMDL-Werte¹³ wurden für den Endpunkt Lungenkrebs aus einer Fallkontrollstudie zum Anstieg der Prävalenz für Lungenkrebs in der Bevölkerung in Chile bei durchschnittlichen Konzentrationen von 30–49 µg Arsen/L in Trinkwasser in den Jahren 1930–1994 und höheren Konzentrationen im Vergleich zu 0–10 µg/L (Ferreccio et al. 2000) modelliert.

Basierend auf den durchschnittlichen Arsenkonzentrationen in Trinkwasser (1958–1970, den Jahren mit der höchsten Konzentration an Arsen im Trinkwasser), wurde die effektive Dosis (ED), die einem zusätzlichen Risiko für Lungenkrebs von 1 % ($ED_{01}=17$ µg/L für Männer und 27 µg/L für Frauen) bzw. der unteren Grenze des 95 % Vertrauensintervalls der ED_{01} ($LED_{01}=14$ µg/L für Männer und 21 µg/L für Frauen) entspricht, ermittelt (NRC 2001 in EFSA 2009) und zur Modellierung eines $BMDL_{01}$ -Wertes im Bereich von 0,34 bis 0,69 µg/kg KG/Tag verwendet (EFSA 2009)¹⁴.

Laut EFSA (2009) sollte der gesamte Bereich aus epidemiologischen Studien abgeleiteter $BMDL_{01}$ -Werte von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag anstelle eines Einzelwertes zur Risikocharakterisierung herangezogen werden, da jede der Studien mit gewissen Unsicherheiten behaftet ist. Aus einer Studie zur Abnahme vom Geburtsgewicht in Abhängigkeit von der Konzentration von Arsen im Urin der Mütter (Rahman et al. 2009) wurde ebenfalls ein $BMDL_{01}$ von 0,3 µg/kg KG/Tag abgeleitet.

In einer aktuellen Stellungnahme der WHO/FAO (2011) wurde als niedrigster $BMDL_{0,5}$ ¹⁵ ein Wert von 3 µg/kg KG/Tag aus einer prospektiven epidemiologischen Studie zum Zusammenhang von der Konzentration an Arsen im Trinkwasser mit dem Anstieg der Inzidenz für Lungenkrebs (Chen 2010) basierend auf durchschnittlichen Annahmen für die Exposition gegenüber Arsen¹⁶ modelliert (WHO/FAO 2011). Die Risikocharakterisierung der vorliegenden gesundheitlichen Bewertung nimmt ausschließlich Bezug auf den von der EFSA (2009) abgeleiteten Wertebereich von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag.

Der für frühere Bewertungen von Arsen in Lebensmitteln herangezogene PTDI-Wert von 2 µg/kg KG (FAO/WHO 1983) beziehungsweise PTWI-Wert von 15 µg/kg KG (FAO/WHO 1989) berücksichtigt nicht neuere epidemiologische Daten zur kanzerogenen Wirkung von

¹³ BMDL = Benchmark Dose Lower Confidence Limit; der $BMDL_{01}$ -Wert entspricht der statistischen einseitigen unteren Grenze des 95 % Vertrauensintervalls der Dosis oder Konzentration, die eine Erhöhung der Effekthäufigkeit/des Effektausmaßes um 1 % bewirkt.

¹⁴ Annahmen für die Aufnahme an Arsen über Lebensmittel für Studienpopulationen in Nord- und Südamerika 10 bis 20 µg/Tag und für die Trinkwassermenge inklusive Kochwasser 1 bis 2 L pro Tag bei einem durchschnittlichem Körpergewicht von 70 kg

¹⁵ 0,5 % Anstieg der Inzidenz für Lungenkrebs über dem Hintergrund über eine durchschnittliche Nachbeobachtungszeit von 11,5 Jahren

¹⁶ Annahme einer Aufnahme von 75 µg Arsen/Tag über Lebensmittel, außer Trinkwasser, und 3 Liter Trinkwasser pro Tag inklusive Kochwasser bei einem durchschnittlichen Körpergewicht von 55 kg für die Studienpopulation im Nordosten Taiwans. Basierend auf einem Bereich von Annahmen für die Aufnahme von Arsen über Lebensmittel von 50 bis 200 µg/Tag und einem Trinkwasserkonsum von 2 bis 4 Litern pro Tag inklusive Kochwasser wurden bei einem durchschnittlichen Körpergewicht von 55 kg $BMDL_{0,5}$ -Werte von 2 bis 7 µg/kg KG/Tag modelliert.

anorganischem Arsen auf Lunge und Blase. Da der Wert in dem Bereich der aus diesen Daten abgeleiteten $BMDL_{01}$ -Werte liegt, wird er für die Bewertung gesundheitlicher Risiken von Arsen als nicht mehr geeignet angesehen (EFSA 2009, FAO/WHO 2011).

Anorganisches Arsen wird als nicht direkt DNA-reaktiv angesehen (ATSDR 2007, EFSA 2009, FAO/WHO 2011). Für die kanzerogene Wirkung werden verschiedene Mechanismen postuliert, für die jeweils angenommen wird, dass eine Aufnahmemenge existiert, unterhalb der nicht von einer kanzerogenen Wirkung auszugehen ist (Wirkschwelle). Wegen Unsicherheiten bezüglich der Dosis-Wirkungsbeziehung werden die epidemiologischen Daten jedoch nicht als geeignet erachtet, um eine Aufnahmemenge im Sinne eines TDI abzuleiten, die kein nennenswertes gesundheitliches Risiko birgt. Für die Risikocharakterisierung sollte daher der Margin of Exposure (MOE)¹⁷ zwischen den aus den epidemiologischen Daten identifizierten Referenzpunkten und der Exposition in der Bevölkerung betrachtet werden (EFSA 2009).

3.1.3 Exposition

Lebensmittel und Trinkwasser sind die Hauptexpositionsquellen des Menschen für Arsen (ATSDR 2007). Meharg (2004 in Juhasz 2006) schätzt, dass Reisverzehr in Bangladesch zu 60 % der Aufnahme von Arsen über Lebensmittel führt. Fisch, Meeresfrüchte und Algen können hohe Konzentrationen an Gesamt-Arsen enthalten, wobei es sich in erster Linie um toxikologisch weniger relevante organische Arsenverbindungen handelt. Die meisten terrestrischen Lebensmittel enthalten dahingegen geringe Konzentrationen an Gesamt-Arsen mit einem relativ hohen Anteil an anorganischem Arsen. Nahezu das gesamte Arsen in Trinkwasser ist anorganisches Arsen (EFSA 2009, 2014), während in Reis sowohl anorganische als auch organische Arsenverbindungen (z.B. in Arborioreis Dimethylarsinsäure und Monomethylarsonsäure; D'Amato et al. 2004) in unterschiedlichen Mengenanteilen vorkommen.¹⁸

In die Expositionsschätzung der EFSA (2014) für anorganisches Arsen wurden folgende Lebensmittelkategorien einbezogen: Getreide und Getreideprodukte, Gemüse und Gemüseprodukte, stärkehaltige Wurzeln und Knollen, Nüsse, Ölsaaten und Hülsenfrüchte, Früchte und Fruchtprodukte, Fleisch und Fleischprodukte, Fisch und Meeresfrüchte, Milch und Milchprodukte, Eier und Eiprodukte, Zucker und Süßwaren, pflanzliche und tierische Fette und Öle, Obst- und Gemüsesäfte; alkoholische und nichtalkoholische Getränke, Trinkwasser; Kräuter und Gewürze, Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder, Produkte für besondere Ernährungszwecke, zusammengesetzte Lebensmittel und Snacks und Desserts.

Die aktualisierte Aufnahmeschätzung der EFSA (2014) für anorganisches Arsen aus allen Lebensmitteln beträgt für **Erwachsene** bis 65 Jahre bei mittleren Verzehrsmengen **0,11 bis 0,38 µg/kg KG/Tag** (min LB bis max UB) und bei hohen Verzehrsmengen (**P 95**) **0,18 bis 0,64 µg/kg KG/Tag** (min LB bis max UB) und führt somit zu deutlich geringeren Schätzwerten im Vergleich zu 2009. Auch die Ergebnisse der Expositionsschätzung für Kinder sind in der aktuellen Studie geringer. **Kinder** ab dem Säuglingsalter bis zu einem Alter von zehn Jahren nehmen demnach bei mittleren Verzehrsmengen **0,20 bis 1,37 µg/kg KG/Tag** auf (min LB bis max UB), bei hohen Verzehrsmengen (**P 95**) **0,36 bis 2,09 µg/kg KG/Tag** (min LB bis max UB). In der aktuellen Expositionsschätzung wurde eine weniger aggregierte Le-

¹⁷ MOE-Konzept, der Margin of Exposure (MOE) gibt als dimensionslose Zahl das Verhältnis zwischen einem definierten Punkt der Dosis-Wirkungskurve für einen adversen Effekt eines Stoffes und der modellierten Exposition für bestimmte Bevölkerungsgruppen an. Der MOE impliziert keine Aussagen über eine „sichere“ Aufnahmemenge im Sinne einer tolerierbaren täglichen Aufnahmemenge (Alexander et al. 2012).

¹⁸ Die Konzentrationen an Arsen in Grundwasser liegen meistens unter 10 µg/L, können aber in einigen Gegenden bis zu 5.000 µg/L erreichen (EFSA 2009). Oberflächengewässer enthalten im Allgemeinen geringere Gehalte an Arsen als Grundwasser.

bensmittelklassifizierung verwendet. Dadurch konnte die Klassifizierung der Lebensmittel bei den Gehaltsdaten und den Verzehrdaten im Vergleich zu der Expositionsschätzung aus dem Jahr 2009 besser aufeinander abgestimmt werden. Außerdem konnte eine größere Zahl von Messdaten zu Gehalten an anorganischem Arsen einbezogen werden.

Die differenziertere Expositionsschätzung der EFSA (2014) macht deutlich, dass die Exposition gegenüber anorganischem Arsen nicht nur niedriger ist als entsprechend der Stellungnahme 2009 angenommen, sondern neben Reis auch auf mehrere vielverzehrtc Lebensmittelgruppen verteilt ist, die relativ geringe Gehalte aufweisen.

Reis wird in einigen Publikationen als hauptsächliche Expositionsquelle für die Aufnahme von anorganischem Arsen mit der Nahrung angesehen, wenn kein Trinkwasser mit hohen Arsengehalten konsumiert wird (z.B. Zhu et al. 2008). Jedoch wird aus der Stellungnahme der EFSA zur Exposition gegenüber anorganischem Arsen durch Lebensmittelverzehr ersichtlich, dass für die europäische Bevölkerung andere Lebensmittel mit deutlich geringeren Gehalten an anorganischem Arsen im Vergleich zu Reis wegen der hohen Verzehrsmengen den größten Beitrag zur Exposition gegenüber anorganischem Arsen leisten können. So leisteten die größten Beiträge zur Exposition gegenüber anorganischem Arsen bei Säuglingen Milch und Milchprodukte (19–36 %), Trinkwasser (16–33 %) und Säuglingsnahrung (13–31 %).

Bei den übrigen Altersgruppen leisten den meisten Ernährungsstudien zufolge Getreideprodukte, nicht reisbasiert (hauptsächlich Weizenbrot und Brötchen) den größten Anteil an der Exposition gegenüber anorganischem Arsen. Außerdem spielen Reis, Milch und Milchprodukte und Trinkwasser eine große Rolle (EFSA 2014).

Reis hat an der Gesamtexposition gegenüber anorganischem Arsen bei Säuglingen einen Anteil von 4–5 %, bei allen übrigen Altersgruppen von 0,3 bis 16 %. Diese Prozentangaben beruhen auf Expositionsschätzungen, die auf MB-Werten für die Gehalte an anorganischem Arsen in Lebensmitteln beruhen. Bei Bezug auf LB-Werte resultiert für Reis bei allen Altersgruppen ein deutlich höherer Anteil an der Gesamtexposition gegenüber anorganischem Arsen. Dies beruht auf der relativ großen Zahl von Werten unterhalb der Bestimmungs- oder Nachweisgrenze bei den übrigen Lebensmitteln. Für Erwachsene ist Reis einigen Verzehrerhebungen zufolge die größte oder zweitgrößte Expositionsquelle für anorganisches Arsen (EFSA 2014).

Die Höhe der Gehalte an Arsen in Reis hängt von mehreren Faktoren ab. So haben neben dem Arsengehalt im Boden auch andere Bodenfaktoren, z.B. Gehalte anderer Mineralien im Boden, Einfluss auf die Arsenaufnahme in die Reispflanze (Bogdan und Schenk 2009). Außerdem wirkt sich die Bewässerungstechnik maßgeblich auf die Arsengehalte im Reis aus (Spanu et al. 2012). Auch bestehen Unterschiede in der Aufnahme von Arsen und der Verteilung in verschiedene Pflanzenorgane bei unterschiedlichen Reissorten (Ye et al. 2012).

Einen großen Einfluss haben die Lebensmittelzubereitung und hier insbesondere der Arsengehalt im zur Zubereitung verwendeten Kochwasser. Fast das gesamte Arsen, das im Kochwasser vorhanden ist, wird beim Kochen vom Reis aufgenommen (89±13 %) (Torres-Escribano et al. 2008). Umgekehrt kann die Zubereitung in Wasser, das kein Arsen enthält (<0,003 mg/l), die Arsengehalte im zubereiteten Reis im Vergleich zum rohen Reis um bis zu 75 % vermindern, wenn der Reis vor dem Kochen gewaschen, im Verhältnis 1:6 im Wasser gekocht und das Kochwasser nach dem Garen verworfen wird (Sengupta et al. 2006).

Die vorliegenden Verzehrdaten und Gehaltsdaten ermöglichen keine Berücksichtigung des Kochverhaltens in der Expositionsmodellierung. Entsprechende Gehaltsdaten könnten innerhalb einer Total-Diet-Studie erhoben werden.

3.1.3.1 Datengrundlage

3.1.3.1.1 Verzehrstudien

Nationale Verzehrstudie II

Als Datengrundlage hinsichtlich des Verzehrs von Reis und Reisprodukten bei Jugendlichen und Erwachsenen diente die Nationale Verzehrstudie II (NVS II) des Max Rubner-Institutes (MRI). Die NVS II ist die zurzeit aktuelle repräsentative Studie zum Verzehr der deutschen Bevölkerung. Die Studie, bei der etwa 20.000 Personen im Alter zwischen 14 und 80 Jahren mittels drei verschiedener Erhebungsmethoden (Dietary History, 24h-Recall und Wiegeprotokoll) zu ihrem Ernährungsverhalten befragt wurden, fand zwischen 2005 und 2006 in ganz Deutschland statt (MRI 2008).

Die Verzehrsauswertungen beruhen auf den Daten der „Dietary History“-Interviews der NVS II, die mithilfe des Programms „DISHES 05“ erhoben wurden. Mit der „Dietary History“-Methode wurden 15.371 Personen befragt und retrospektiv ihr üblicher Verzehr der letzten vier Wochen erfasst. Sie liefert gute Schätzungen für die langfristige Aufnahme von Stoffen, wenn Lebensmittel in Kategorien zusammengefasst werden oder Lebensmittel betrachtet werden, die einem regelmäßigen Verzehr unterliegen. Bei Lebensmitteln, die nur sporadisch verzehrt werden und nicht zur täglichen Ernährung gehören, kann es aufgrund des Erhebungszeitraums von vier Wochen sowie der begrenzten Genauigkeit der erfragten Einzellebensmittel zu einer Unterschätzung der Aufnahme bei Betrachtung aller Befragter kommen.

Weiterhin beruhen die Auswertungen auf den Daten der beiden unabhängigen 24h-Recalls der NVS II, die in einem computergestützten Interview mittels „EPIC-SOFT“ erhoben wurden (MRI 2008, Krems et al. 2006). Es wurden Daten von 13.926 Personen, von denen beide Interviews vorlagen, ausgewertet. Aufgrund des Vorliegens von Verzehrangaben zu einzelnen Tagen ist die Methode der 24h-Recalls sowohl für Expositionsschätzungen bei akuten als auch bei chronischen Risiken geeignet.

EsKiMo-Studie

EsKiMo (Ernährungsstudie als KiGGS-Modul) wurde vom Robert Koch-Institut und der Universität Paderborn als Teil von KiGGS, dem bundesweit repräsentativen Kinder- und Jugendgesundheitsurvey, durchgeführt und vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz finanziert. Die EsKiMo-Studie wurde 2006 mit ca. 2.400 Kindern und Jugendlichen im Alter von 6 bis 11 Jahren in ganz Deutschland durchgeführt. Die Erhebung fand mittels zweier Erhebungsmethoden statt. Die Kinder füllten mithilfe ihrer Eltern an drei zufällig ausgewählten aufeinanderfolgenden Tagen ein Ernährungstagebuch aus, in dem sie alle verzehrten Lebensmittel und ihre Mengen nebst Details zur Verarbeitung etc. notierten. Mit den 12–17-Jährigen wurde ein „Dietary-History“-Interview mithilfe des Programms „DISHES“ durchgeführt und der übliche Verzehr der letzten vier Wochen erfragt. Zusätzlich füllten sie einen Verzehrshäufigkeitsfragebogen aus (Mensink et al. 2007). Die bei den 12–17-Jährigen verwendete Methodik liefert gute Schätzungen für die langfristige Aufnahme von Stoffen, wenn Lebensmittel in allgemeinen Kategorien zusammengefasst werden oder Lebensmittel betrachtet werden, die einem regelmäßigen Verzehr unterliegen. Die bei den 6–11-Jährigen verwendete Methodik ist aufgrund des Vorliegens von Verzehrangaben

zu einzelnen Tagen sowohl für Expositionsschätzungen bei akuten als auch bei chronischen Risiken geeignet.

VELS-Studie

Als Datengrundlage zum Verzehr von Reis und Reisprodukten für Kinder unter 6 Jahren wurden Verzehrsdaten aus der VELS-Studie herangezogen (Heseker et al. 2003; Banasiak et al. 2005). Die Studie wurde zwischen 2001 und 2002 an 816 Säuglingen und Kleinkindern im Alter zwischen 6 Monaten bis unter 5 Jahren in ganz Deutschland durchgeführt. Die Eltern haben für jedes Kind zweimal 3-Tage-Ernährungsprotokolle über alle verzehrten Lebensmittel geführt. Aufgrund des Vorliegens von Verzehrsangaben zu einzelnen Tagen sind die zweimal 3-Tage-Ernährungsprotokolle sowohl für Expositionsschätzungen bei akuten als auch bei chronischen Risiken geeignet.

3.1.3.1.2 Datengrundlage zu Gehalten an anorganischem Arsen und Gesamt-Arsen in Reis und Reisprodukten

Daten aus der Lebensmittelüberwachung, übermittelt vom BVL

Aufgrund des Erlasses zur Bewertung von Arsen in Reis und Reiswaffeln hat das BfR eine Anfrage an das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) zur Übermittlung von Daten zu Gesamt-Arsen und anorganischem Arsen gestellt. Das BVL übermittelte insgesamt 62.552 Datensätze¹⁹ (33.664 aus den Jahren 2000–2005, 28.888 aus den Jahren 2006–2012 zu anorganischem und Gesamt-Arsen in allen Lebensmitteln). Nach Abfrage des BVL wurden dem BfR im September 2012 Daten von 1.989 Proben mit Angaben zu Arsengehalten in Reis aus dem Zeitraum 2000–2012 und 298 Proben mit Gehalten zu anorganischem Arsen in Reis- und Reisprodukten (alle von 2010–2011) übermittelt. Die Daten wurden entweder im Rahmen von speziellen Untersuchungsprogrammen wie dem Lebensmittel-Monitoring und dem Bundesüberwachungsplan oder im Rahmen der Routineüberwachung erhoben. Aufgrund dessen kann nicht generell von einer repräsentativen Probenahme ausgegangen werden.

Daten aus der Lebensmittelüberwachung, übermittelt vom LGL

Das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) hat 2010 und 2011 Reiskörner und -produkte auf anorganisches Arsen untersucht (LGL 2012). Die Daten aus den Untersuchungen (80 Proben Reiskörner, 86 Proben Reisprodukte) hat das LGL dem BfR für die vorliegende Stellungnahme dankenswerterweise zur Verfügung gestellt.

Daten von ÖKO-TEST 06/2012

Die Zeitschrift ÖKO-TEST hat in ihrer Juniausgabe 2012 Reiswaffeln (n=20) verschiedener Hersteller unter anderem auf anorganisches Arsen untersucht. Diese Untersuchungsergebnisse liegen dem BfR nur in der publizierten Form, jedoch nicht als Einzeldaten vor.

3.1.3.2 Methoden

Die Auswertungen erfolgen alle mit SPSS 12.0 und Microsoft Excel 2003. Für den Test der Signifikanz bei den Mittelwerten wurde das über die SPSS-Prozedur „Examine“ errechnete 95%-Konfidenzintervall herangezogen.

¹⁹ Probenzahlen ohne Datenbereinigung

3.1.3.3 Ergebnisse zu Gehalten an anorganischem Arsen in Reis und Reisprodukten und Verzehr von Reis und Reisprodukten

3.1.3.3.1 Gehaltsdaten

Gehalte Arsen, anorganisch

Daten aus der Lebensmittelüberwachung, übermittelt vom BVL

Es liegen 621 Untersuchungsergebnisse vor, in denen anorganisches Arsen in Lebensmitteln gemessen wurde, davon 261 Ergebnisse für Reis und 37 für Reisprodukte (Letztere wurden ausnahmslos nach 2010 gemessen).

Untersuchte Reisprodukte sind: 14x Milchreis aus 2010, 1x Puffreis aus 2011 und 22x verschiedene Produkte für Säuglinge und Kleinkinder (Getreidebeikost, Getreidebrei glutenfrei und Mahlzeiten für Säuglinge) aus 2010/11, bei denen unklar ist, ob diese Reis enthalten. Zu Gehalten an anorganischem Arsen in *Reiswaffeln* wurden keine Daten übermittelt.

Zunächst wurden die Auswertungen auf Basis der bei den übermittelten Daten angegebenen detaillierten Matrixcodes vorgenommen. Dabei ergaben sich geringe Probenzahlen für die unterschiedlichen untersuchten Kategorien an Reiskörnern (z.B. Langkornreis, Rundkornreis, brauner Reis) und verschiedenen Reisprodukten. Die Messwerte wurden zu folgenden Gruppen zusammengefasst (Tabelle 1):

Reiskörner

Die getrennte Auswertung der Gehaltsdaten für Reis ohne Angabe zur Verarbeitung in Reis (nicht näher spezifiziert), Rundkornreis und Langkornreis ergab keine Unterschiede bei den mittleren Gehalten an anorganischem Arsen, sodass auch diese Kategorien zu einer Gruppe weißer Reis zusammengefasst wurden. Brauner Reis und parboiled Reis wurden jeweils als separate Gruppe betrachtet (Tabelle 1). Bruchreis wurde aufgrund der geringen Probenzahlen (3 Proben) und der geringeren Relevanz (wird nicht als solcher verzehrt, sondern vorwiegend in Reisprodukten verwendet) nicht in die Expositionsschätzung einbezogen.

Milchreis

In den verschiedenen Proben zu Milchreis²⁰ wurden keine Unterschiede in den Gehalten an anorganischem Arsen festgestellt, sodass diese aufgrund der geringen Probenzahlen zu einer Gruppe Milchreis zusammengefasst wurden. Diese 14 Messwerte für Milchreis lagen zudem alle unterhalb der Nachweisgrenze von 0,02 mg/kg. In Tabelle 1 sind für Milchreis, wie für die anderen Lebensmittelgruppen, LB und UB angegeben. In die Expositionsschätzung ging als Wert für den Gehalt an anorganischem Arsen in Milchreis der Wert von 0,02 mg/kg (UB) ein (Tabelle 18).

Getreidebreie glutenfrei

Aus der Gruppe der Produkte für Säuglinge und Kleinkinder wurden die Getreidebreie glutenfrei zusammengefasst. Die Gehaltsdaten beziehen sich auf das getrocknete Produkt und nicht auf das verzehrfertig zubereitete Produkt. Diese Daten wurden in Tabelle 1 dargestellt,

²⁰ Es handelt sich um im Einzelhandel verzehrfertig angebotenen Milchreis (Milchreis gekocht aromatisiert, Milchreis gekocht mit Zimt und Milchreis gekocht mit Schokoladensauce).

konnten aber nicht in die Expositionsschätzung einbezogen werden, da keine Information darüber vorlag, ob und zu welchem Anteil die Produkte Reis enthielten.

Daten zu Gehalten in Getreidebeikost (n=3) sowie in Mahlzeiten für Säuglinge (n=6) wurden nicht in die Auswertung einbezogen, da keine Informationen dazu vorlagen, ob diese Reis enthalten.

Puffreis

Ein relativ hoher Gehalt an anorganischem Arsen wurde für Puffreis übermittelt (0,16 mg/kg). Da hier jedoch nur ein einzelner Wert vorlag, wurde dieser Gehaltswert nicht in die Expositionsschätzung einbezogen. Die im Folgenden beschriebene Auswertung der vom LGL übermittelten Gehaltsdaten in Puffreis bestätigte diesen hohen Wert nicht.

Weitere Aspekte der Datenaufbereitung

Unterschiede in den mittleren Gehalten in Abhängigkeit von der angewendeten analytischen Methode wurden für keine der untersuchten Reissorten oder Reisprodukte festgestellt.

Gehaltsdaten für 20 Proben, für die eine Nachweisgrenze von >0,1 mg/kg (Nachweisgrenze betrug 0,2 mg/kg) angegeben wurde, fielen aus dem berücksichtigungsfähigen Datensatz heraus (15x Reiskörner, 5x parboiled Reis).

Unterschiedlicher Umgang mit Werten unter der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze konnte bei den übermittelten Daten die Ergebnisse um bis zu 20 % verändern. Die größte Differenz ergab sich in der Gruppe weißer Reis mit einer prozentualen Abweichung von 23 % zwischen lower bound (LB = Für alle Werte unter der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze wird der Wert 0 angenommen) und upper bound (UB = Für alle Werte unter der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze wird die Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze als Wert angenommen). Um dieser Unsicherheit Rechnung zu tragen, wurde die Datenauswertung für LB- und UB-Annahmen durchgeführt.

Die Messungen für anorganisches Arsen in Reis und Reisprodukten stammen alle aus den Jahren 2010 bzw. 2011 und wiesen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Jahren auf.

Tabelle 1: Gehalte an anorganischem Arsen in Reis, Daten aus der Lebensmittelüberwachung der Jahre 2010 und 2011, mg/kg

	N	LB	UB
weißer Reis*	190	0,070	0,086
brauner Reis**	10	0,089	0,099
Reis, parboiled	38	0,080	0,097
Milchreis	14	0,000	0,020
Getreidebrei glutenfrei	13	0,119	0,122

* ohne Angabe zur Verarbeitung; zusammengefasst sind hier Reis (nicht näher spezifiziert), Rundkorn, Langkorn

** in der Datenübermittlung bezeichnet als „Reis, ungeschliffen“

LB: lower bound

UB: upper bound

N: Anzahl der Untersuchungsergebnisse

Für eine differenzierte Auswertung der Gehaltsdaten bezüglich der Herkunft lag keine ausreichende Anzahl an Angaben vor. So lag beispielsweise nur bei drei Proben die Angabe

„Herkunft Amerika“ vor. Reis aus Italien wies etwas höhere Gehalte auf als Reis aus Deutschland²¹, sonstigen EU-Staaten und Asien. Die Unterschiede waren jedoch nicht statistisch signifikant. Reis aus Asien wies wiederum geringfügig niedrigere Werte auf als Reis aus Deutschland und sonstigen EU-Staaten, aber auch diese Unterschiede waren nicht statistisch signifikant.

Daten aus der Lebensmittelüberwachung, übermittelt vom LGL

Die Untersuchungsergebnisse des LGL wurden entsprechend den in Tabelle 2 dargestellten Lebensmittelgruppen zusammengefasst.

Tabelle 2: Anzahl untersuchter Proben des LGL (2012) je Lebensmittelgruppe

Reiskörner	74
Reiskörner (außer die nachfolgend aufgeführten)*	24
Langkornreis, parboiled	4
Langkornreis, ohne Angabe parboiled	40
Kochbeutelreis	6
brauner Reis**	6
Reiswaffeln	51
Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren***	25
Snack mit Reis (süß/salzig)	10
Puffreis	3
Schokoreis	4
Reis-Cracker	3

* ohne Angabe zur Verarbeitung; zusammengefasst sind hier Reis (nns = nicht näher spezifiziert), Klebreis, Basmati-Reis, Jasminreis, Oryza, Rundkorn, Goldkorn, Gebirgsreis

** in der Datenübermittlung des LGL bezeichnet als „Natur- oder Vollkornreis“

*** übermittelt als Reisbrei, Reisflocken

Dabei ergaben sich hinsichtlich der Mittelwerte der Gehalte an anorganischem Arsen geringe Unterschiede zwischen Reiskörnern, Langkornreis (parboiled oder ohne Angabe) und Kochbeutelreis, die aber nicht statistisch signifikant waren. Dies ist möglicherweise auch auf die in manchen Lebensmittelgruppen geringe Probenzahl zurückzuführen. Für die weiteren Darstellungen werden diese Gruppen deshalb zusammengefasst. Brauner Reis wies höhere mittlere Werte im Vergleich zu den übrigen Gruppen „Reiskörner“ auf. Der Unterschied ist aber nicht statistisch signifikant, was auch hier möglicherweise auf geringe Probenzahlen zurückzuführen ist. Dennoch werden die Daten zum Gehalt an anorganischem Arsen in braunem Reis separat dargestellt.

Reiswaffeln haben einen statistisch signifikant höheren Mittelwert der anorganischen Arsengehalte als Reiskörner und alle anderen Reisprodukte. Der zweithöchste Gehalt an anorganischem Arsen wurde für die Gruppe der Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren ermittelt. Der Unterschied war bezogen auf die übrigen Reisprodukte und Reiskörner statistisch signifikant, für braunen Reis nicht statistisch signifikant.

²¹ Angabe zur Herkunft der Proben „Deutschland“ wurde aus den von den Untersuchungsämtern übermittelten Daten übernommen. Keine Angabe zum Anbauggebiet vorhanden.

Tabelle 3: Mittlere und hohe Gehalte an anorganischem Arsen in Reis und Reisprodukten, Daten des LGL aus den Jahren 2010–2011, mg/kg (LGL 2012)

	gültige N	Mittelwert	Perzentil 95
Gesamt	166	0,161	0,312
weißer Reis (Langkornreis, parboiled, o. A. parboiled, Kochbeutelreis)	74	0,101	0,200
brauner Reis**	6	0,141	0,231*
Reiswaffeln	51	0,260	0,425
Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren****	25	0,187	0,309
Snack mit Reis (süß/salzig)***	10	0,053	0,107*

o. A.: ohne Angabe

* aufgrund geringer Probenzahl in Richtung Maximum verzerrt

** in der Datenübermittlung des LGL bezeichnet als „Natur- oder Vollkornreis“

*** in der Datenübermittlung des LGL bezeichnet als Puff-, Schokoreis und Reis-Cracker

**** in der Datenübermittlung des LGL bezeichnet als Reisbrei, Reisflocken

Für die Gruppe „Snack mit Reis süß/salzig“ (Puffreis, Schokoreis und Reis-Cracker) wurden geringere Gehalte an anorganischem Arsen ermittelt als für die übrigen ausgewerteten Gruppen. Der mittlere Gehalt der drei Proben von Puffreis lag mit 0,050 mg/kg deutlich unter dem Gehalt der einzelnen Probe vom BVL (0,16 mg/kg).

Daten von ÖKO-TEST 6/2012

Die Angaben in der Veröffentlichung eines Tests von Reiswaffeln auf Gehalte an verschiedenen Kontaminanten (u.a. anorganisches Arsen) sind nicht als einzelne Messwerte verfügbar. Stattdessen wird eine Angabe über den Konzentrationsbereich gemacht, in dem die Gehalte der getesteten Produkte liegen. Diese sind für anorganisches Arsen in Tabelle 4 dargestellt und den nach den gleichen Kriterien gruppierten Daten des LGL gegenübergestellt.

Tabelle 4: Vergleich der Untersuchungen von Reiswaffeln auf anorganisches Arsen von ÖKO-TEST 06/2012 mit LGL (2012)

[mg/kg]	ÖKO-TEST 06/2012		LGL, 2010–2011	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
0–0,05	0	0 %	0	0 %
0,05–0,10	1	5 %	4	8 %
0,10–0,20	11	55 %	7	14 %
>0,20	8	40 %	40	78 %

Daraus wird ersichtlich, dass die vom LGL berichteten Gehalte an anorganischem Arsen in Reiswaffeln höher sind als die von ÖKO-TEST publizierten. Bei beiden Stichproben weisen alle Produkte mindestens Gehalte von 0,05 mg/kg auf. Bei beiden Datenquellen ergibt sich der geringste Prozentsatz in der Gruppe 0,05–0,10 mg/kg („leicht erhöht“ nach Klassifizierung ÖKO-TEST) mit 5 % bei ÖKO-TEST und 8 % beim LGL. Die Messreihen unterscheiden sich im Verhältnis der Verteilung der Gehalte auf die Kategorien >0,20 mg/kg und 0,10–0,20 mg/kg. Bei ÖKO-TEST liegen mehr Proben in der niedrigeren Gehaltsgruppe (55 % zu 40 %) vor, beim LGL entfallen 78 % der Proben auf die höchste Gehaltsgruppe mit Werten größer 0,20 mg/kg und nur 14 % in die Gruppe 0,10–0,20 mg/kg.

Gehalte Gesamt-Arsen

Zu Gehalten an Gesamt-Arsen in Reis und möglicherweise Reis enthaltenden Produkten wurden 1.691 Untersuchungsergebnisse aus den Jahren 2000–2012 übermittelt, von denen 131 Produkte ausgeschlossen wurden, weil sie sich nicht zu der betrachteten Lebensgruppe gehörend erwiesen. Im Weiteren werden die verbliebenen 1.560 Untersuchungsergebnisse betrachtet.

Zunächst wurden die Auswertungen auf Basis der bei den übermittelten Daten angegebenen detaillierten Matrixcodes für die einzelnen untersuchten Lebensmittel vorgenommen. Um zu geringe Probenzahlen zu vermeiden, wurden folgende Lebensmittelgruppen gebildet:

Weißer Reis

Eine Differenzierung der Untersuchungsergebnisse für weißen Reis ist nach Langkornreis, Rundkornreis und parboiled Reis möglich. Die zunächst vorgenommene getrennte Auswertung der Gehalte für Langkornreis (n=298) (0,149 mg/kg), Rundkornreis (n=74) (0,153 mg/kg), parboiled Reis (n=153) (0,157 mg/kg) und Wildreis (n=18) (0,145 mg/kg) ergab keine signifikanten Unterschiede der mittleren Gehalte an Gesamt-Arsen, sodass diese zusammen mit nicht näher spezifiziertem Reis (n=489) (0,131 mg/kg) zu einer Gruppe „weißer Reis“ zusammengefasst wurden ($n_{\text{ges}}=1.032$). Mittlere Gehalte in dieser Gruppe lagen zwischen 0,14 (LB) und 0,144 (UB) mg Gesamt-Arsen/kg (Tabelle 5).

Bruchreis wurde aufgrund der geringen Anzahl untersuchter Proben (n=18, mittlerer Gehalt an Gesamt-Arsen 0,145 mg/kg) und der geringeren Relevanz (wird nicht verzehrt, sondern vorwiegend in Reisprodukten verwendet) nicht in die Expositionsschätzung einbezogen.

Brauner Reis

Bezüglich des Verarbeitungsgrades lag für ca. 75 % der Proben keine Angabe vor. Gehaltsdaten für 75 Proben konnten der Gruppe „brauner Reis“²² zugeordnet werden (Tabelle 5). Es ergaben sich bei den verbleibenden Proben höhere mittlere Gehalte an Gesamt-Arsen für braunen Reis im Vergleich zu weißem Reis. Für Messungen an Gesamt-Arsen in braunem Reis lag eine ausreichend große Probenanzahl vor, um diese getrennt von weißem Reis in die Expositionsschätzung einzubeziehen.

Milchreis

Die Gehalte an Gesamt-Arsen in den unterschiedlichen untersuchten Sorten Milchreis²³ (n=21) zeigten keine große Varianz und wurden daher für die Expositionsschätzung zu einer Gruppe „Milchreis“ zusammengefasst. Der Mittelwert der Gehalte an Gesamt-Arsen lag bei 0,002 (LB) bis 0,046 (UB) mg/kg (Tabelle 5). Für Milchreis lagen 19 der 21 vorliegenden Untersuchungsergebnisse unterhalb der Bestimmungsgrenze, woraus sich ein Faktor zwischen LB und UB von fast 20 ergab. Um dieser Unsicherheit Rechnung zu tragen, wurde die Expositionsschätzung, wie für die übrigen Lebensmittelgruppen, für Annahmen nach LB und UB durchgeführt.

²² in der Datenübermittlung berichtet als „ungeschliffener Reis“

²³ Es handelt sich um im Einzelhandel verzehrfertig angebotenen Milchreis (Milchreis gekocht aromatisiert, Milchreis gekocht mit Zimt, mit Früchten sowie Milchreis gekocht mit Schokoladensauce).

Getreidebreie für Säuglinge und Kleinkinder

Getreidebreie für Säuglinge und Kleinkinder wurden zunächst nach glutenfreien (n=75) und nicht als glutenfrei ausgelobten Produkten (n=123) getrennt ausgewertet. Dabei ergaben sich jedoch keine relevanten Unterschiede in den mittleren Gehalten an Gesamt-Arsen (mittlere Gehalte glutenfreie Breie: 0,061 mg/kg; andere Breie: 0,060 mg/kg; 95. Perzentil der Gehalte glutenfreier Breie: 0,200 mg/kg, andere Breie: 0,217 mg/kg). Die Gehaltsangaben beziehen sich auf das trockene Breipulver und nicht auf das verzehrsfertig zubereitete Produkt. Die Gehaltsdaten dieser Produktgruppe konnten nicht in die Expositionsschätzung einbezogen werden, da keine Information darüber vorlag, ob und zu welchem Anteil die Produkte Reis enthielten.

Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren

Die Gehaltsdaten von Reisgrieß (n=2, Gesamt-Arsen 0,160 mg/kg) und Reisflocken (n=3, Gesamt-Arsen 0,205 mg/kg) wurden für die Expositionsschätzung von Säuglingsanfangsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren genutzt (Tabelle 5). Aufgrund der geringen Probenanzahl in dieser Produktgruppe (n=5) ist der resultierende Mittelwert als unsicher anzusehen. Der mittlere Gehalt von Gesamt-Arsen bei Reisgrieß, Reisflocken von 0,187 mg/kg ist vergleichbar mit dem mittleren Gehalt von anorganischem Arsen bei Reisbrei, Reisflocken des LGL (0,187 mg/kg, n=25).

Snacks mit Reis

In der Gruppe „Snacks mit Reis“ wurden Gehaltsdaten von Puffreis und Reisflakes zusammengefasst (Tabelle 5). Für Puffreis (n=3) wurde ein mittlerer Gehalte an Gesamt-Arsen in Höhe von 0,93 mg/kg ermittelt. Für Reisflakes (n=1) lag ein Untersuchungsergebnis für den Gehalt an Gesamt-Arsen in Höhe von 0,63 mg/kg vor (Tabelle 5).

Reismehl

Reismehl lag mit einem mittleren Gehalt an Gesamt-Arsen von 0,120 mg/kg unter den mittleren Gehalten für weißen Reis. Aufgrund der geringen Zahl an Untersuchungsergebnissen (n=4) wurde für die Expositionsschätzung nicht dieser Wert verwendet, sondern der Wert für den Gehalt an Gesamt-Arsen in weißem Reis. Dies ist als eine konservative Vorgehensweise anzusehen, die aber aufgrund der geringen Verzehrsmenge von Reismehl nur geringfügige Auswirkungen auf die Schätzung der Aufnahme von Arsen durch Verzehr von Reis und Reisprodukten hat.

Reisstärke

Für Gesamt-Arsen in Reisstärke liegen dem BfR keine Gehaltsmessungen vor. Für die Expositionsschätzung wurden, wie bei Reismehl, die Gehalte für weißen Reis verwendet.

Für folgende Lebensmittel lag nur eine geringe Anzahl von Untersuchungsergebnissen vor, die nicht in die Expositionsschätzung einbezogen wurden, da sie nicht sinnvoll einer größeren Gruppe zugeordnet werden konnten, keine Verzehrdaten für diese Lebensmittel vorlagen und/oder nicht ersichtlich war, ob und in welchem Anteil in dem jeweiligen Produkt Reis enthalten war:

- „Müsliriegel/-happen“ (n=137, Gesamt-Arsen 0,006 bis 0,18 mg/kg),
- „Getreideriegel“ (n=18, Gesamt-Arsen 0,008 bis 0,02 mg/kg),
- „Milchreis, Dessertpulver“ (n=1, Gesamt-Arsen 0,025 mg/kg),
- Schokolade mit Zusätzen anderer Lebensmittel (n=12, Gesamt-Arsen 0,02 bis 0,03 mg/kg)²⁴
- Reismudeln (n=8, Gesamt-Arsen 0,064 mg/kg)

21 Untersuchungsergebnisse (darin: 8x Reis, nns; 5x Reis, parboiled Reis; 6x Langkornreis; 1x Rundkornreis; 1x Bruchreis) mit einer Nachweisgrenze von 0,2 mg/kg wurden entsprechend der Kriterien in der Stellungnahme der EFSA (2009) ausgeschlossen.

Sechs Untersuchungsergebnisse wurden wegen des übermittelten Probenahmegrundes ausgeschlossen. Fünf dieser Proben lagen in einem Bereich unter der Nachweisgrenze bis 0,04 mg/kg (1x Reis nns, 3x Getreidebreie für Säuglinge & Kleinkinder, 1x Getreideriegel/Müsliriegel) und eine Probe Langkornreis wies einen Wert von 0,21 mg/kg auf.

Bei einem Ausreißer mit einem Gehalt von 15,1 mg/kg lag offensichtlich ein Übermittlungs- oder Umrechnungsfehler vor, da sich der Wert in der Spalte „Norm-Messwert“ nicht aus den Ergebnissen der anderen Spalten ableiten lässt und die Probe auch nicht beanstandet wurde. Der Wert wurde in Konsistenz zu den anderen vom selben Untersuchungsamt im selben Jahr mit gleichem Probenahmegrund und gleicher Matrix gezogenen Proben zurückgesetzt auf den in der Spalte „MESSERG_NUM“ stehenden Wert von 0,10 mg/kg.

Umgang mit Werten unter der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze

Da der Prozentsatz der Werte unterhalb der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze im Verhältnis zu den bestimmmbaren Werten gering war, ist der Umgang mit Werten unterhalb der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze für die Gruppe weißer Reis und brauner Reis irrelevant, hatte aber einen erheblichen Einfluss auf die Auswertung der mittleren Gehalte von Getreidebreien (Abweichung 51 %), „Snacks mit Reis“ (Abweichung 34 %) und Milchreis. Die angegebenen prozentualen Abweichungen ergaben sich zwischen lower bound (LB = Für alle Werte unter der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze wird der Wert 0 angenommen) und upper bound (UB = Für alle Werte unter der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze wird die Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze als Wert angenommen). Bei Reisgrieß und Reisflocken lagen alle Werte über der Nachweis-bzw. Bestimmungsgrenze, sodass LB und UB übereinstimmen.

²⁴ Der mittlere Gehalt an Gesamt-Arsen der zwölf Proben „440102 Schokolade mit Zusätzen anderer LM“ liegt mit 0,028 mg/kg (Werte unter Nachweis- und Bestimmungsgrenze auf halbe Nachweis- und Bestimmungsgrenze gesetzt) unter dem 2002 im Lebensmittel-Monitoring gemessenen Wert für Schokolade von 0,039 mg/kg (BVL Tabellenband 2002). Der Bereich der Messwerte von 0,02–0,03 mg/kg liegt insgesamt unter dem 90. Perzentil von 0,07 mg/kg der Werte aus dem Lebensmittel-Monitoring 2002.

Tabelle 5: Gehalte an Gesamt-Arsen (lower bound und upper bound) in Reis und Reisprodukten, Daten aus der Lebensmittelüberwachung der Jahre 2000 bis 2012, mg/kg, übermittelt durch BVL

		As, Gesamt – lower bound [mg/kg]	As, Gesamt – upper bound [mg/kg]
weißer Reis*	gültige N	1.032	1.032
	Mittelwert	0,140	0,144
brauner Reis**	gültige N	75	75
	Mittelwert	0,222	0,222
Milchreis (gek. mit Früchten, Zimt, Schokosauce oder aromatisiert)	gültige N	21	21
	Mittelwert	0,0025	0,0458
Getreidebreie f. Säuglinge & Kleinkinder, glutenfrei***	gültige N	75	75
	Mittelwert	0,049	0,074
Snack mit Reis (süß/salzig)****	gültige N	4	4
	Mittelwert	0,073	0,098
Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren*****	gültige N	5	5
	Mittelwert	0,187	0,187

* in der Datenübermittlung berichtet als Reis nicht näher spezifiziert, Rundkorn- und Langkornreis, parboiled, Wildreis

** in der Datenübermittlung berichtet als „Reis ungeschliffen“

*** Daten wurden nicht für die Expositionsschätzung verwendet.

**** in der Datenübermittlung berichtet als Puffreis (nicht näher spezifiziert salzig, dragiert), Reisflakes

***** in der Datenübermittlung berichtet als Reisgrieß, Reisflocken

Verhältnis anorganisches Arsen zu Gesamt-Arsen

Aus den Daten der Lebensmittelüberwachung, übermittelt vom BVL, liegen 207 Untersuchungsergebnisse für Reis und reisbasierte Lebensmittel vor, in denen anorganisches Arsen und Gesamt-Arsen bestimmt wurden. Davon beziehen sich 193 Datensätze auf Reis und 14 auf Milchreis.

Der Mittelwert der Messergebnisse von 137 Reisproben, in denen anorganisches Arsen und Gesamt-Arsen nachgewiesen wurden, wurde berechnet. Datensätze, bei denen der Gehalt an anorganischem Arsen oder Gesamt-Arsen unterhalb der Nachweisgrenze lag oder für anorganisches Arsen ein höherer Gehalt als für Gesamt-Arsen angegeben wurde, wurden nicht in den Mittelwert einbezogen. Der mittlere Anteil an anorganischem Arsen am Gesamt-Arsen beträgt bei diesen Messergebnissen 62 %. Der Bereich des 5. bis 95. Perzentils liegt bei 27 bis 86 %.

Bei glutenfreien Getreidebreien war der Unterschied zwischen den Gehalten an anorganischem Arsen (Tabelle 1) und Gesamt-Arsen (Tabelle 5/Text über Tabelle 5) größer als bei weißem Reis. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass für die Untersuchung von anorganischem Arsen und Gesamt-Arsen bei glutenfreiem Getreidebrei Proben mit unterschiedlichen Getreidezusammensetzungen bzw. Reisanteilen verwendet wurden.

Daten der EFSA (2009, 2014) zu Gehalten an Arsen in Reis und Reisprodukten

Der Aufforderung der EFSA im Juli 2008 zur Einreichung von Daten zu Arsenkonzentrationen in Lebensmitteln folgten 15 europäische Staaten. Die Daten bezogen sich jedoch zu 98 % auf Messungen von Gesamt-Arsen in Lebensmitteln und zeigten keine Unterscheidung zwischen organischem und anorganischem Arsen (EFSA 2009). Der prozentuale Anteil an anorganischem Arsen zu Gesamt-Arsen lag bei den in der Stellungnahme der EFSA (2009)

ausgewerteten Daten zu Reis und Reisprodukten (ca. 200 Untersuchungsergebnisse) bei 50 bis 60 %. In der Literatur wird der prozentuale Anteil von anorganischem Arsen an Gesamt-Arsen in Reis mit einer großen Spannweite von 27–93 % beschrieben (Meharg et al. 2008, Torres-Escribano et al. 2008, Jorhem et al. 2008). In der Stellungnahme der EFSA (2009) wurden für die Expositionsschätzung von anorganischem Arsen in bestimmten Lebensmittelkategorien (terrestrische Lebensmittel) Szenarien von 50 %, 70 % und 100 % anorganischem Arsen am gesamten Arsen zugrunde gelegt.

Die Gehalte an Gesamt-Arsen in Reis und Reisprodukten nach EFSA (2009) sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Gehalte an Gesamt-Arsen in Reis, Reisprodukten und reisbasierter Babynahrung in mg/kg (EFSA 2009)

Lebensmittel	n	<LOD	Type	P5	median	MW	P95	max.
Reiskorn	1.122	9,80 %	LB	0,0000	0,1100	0,1362	0,3600	1,1800
			UB	0,0240	0,1100	0,1424	0,3600	1,1800
Reisprodukte	314	28 %	LB	0,0000	0,1000	0,1422	0,3900	1,9800
			UB	0,0200	0,1000	0,1659	0,3900	1,9800
reisbasierte Babynahrung	19	21 %	LB	0,0000	0,1610	0,1496	0,2760	0,2760
			UB	0,0109	0,1610	0,1575	0,2760	0,2760

LOD = Limit of Detection

Im März 2014 wurde eine weitere EFSA-Stellungnahme zur lebensmittelbedingten Exposition der Bevölkerung in Europa gegenüber anorganischem Arsen publiziert (EFSA 2014). Dieser Expositionsschätzung lagen ebenfalls zum großen Teil Daten zu Gesamt-Arsen in Lebensmitteln zugrunde. Für einige Lebensmittelgruppen, zum Beispiel Reis und Reisprodukte, lagen auch Messergebnisse zu Gehalten an anorganischem Arsen vor. Für Reis und Reisprodukte gingen in die Expositionsschätzung der EFSA (2014) die in Tabelle 7 aufgeführten Werte für Gehalte an anorganischem Arsen ein.

Tabelle 7: Gehalte an anorganischem Arsen in Reis und Reisprodukten in mg/kg (nach EFSA 2014)

			Mittlerer Schätzwert für den Gehalt an anorganischem Arsen (mg/kg) ^h		
Lebensmittel	n ^g	<LOD/LOQ (%)	LB	MB	UB
brauner Reis ^a	122 (94)	2	0,151	0,152	0,153
Langkornreis ^a	482 (130)	20	0,078	0,088	0,099
Reis, gemischt ^b			0,092	0,101	0,110
parboiled Reis ^a	156 (70)	14	0,092	0,105	0,117
roter Reis	12 (12)	0	0,162	0,162	0,162
weißer Reis ^a	299 (189)	9	0,084	0,089	0,093
wilder Reis	25 (8)	24	0,072	0,075	0,078
Reis, nicht spezifiziert ^a	1.112 (201)	10	0,079	0,094	0,108
ungesäuertes Brot, Knäckebrot Zwieback (mit Reis) ^d			0,093	0,099	0,106
Reisbrot ^d			0,093	0,099	0,106
Reisflocken	19 (2)	24	0,073	0,076	0,080
Reisflocken und Schokolade ^e			0,061	0,075	0,089
Reisporridge ^b			0,092	0,101	0,110
Puffreis ^f			0,108	0,111	0,115
Feinbackwaren mit Reis ^c	41 (31)	0	0,261	0,261	0,261
Reisgetränk ^a	66 (60)	27	0,011	0,012	0,012
Fertiggericht für Kinder, getreidebasiert (mit Reis)	14 (6)	0	0,107	0,107	0,107
getreidebasierte Nahrung für Säuglinge und Kleinkinder (mit Reis)	52 (20)	0	0,133	0,133	0,133
Ballaststoff Nahrungsergänzungsmittel (mit Reis)	14 (8)	0	1,486	1,486	1,486
reisbasiertes Fertiggericht	12 (1)	33	0,040	0,045	0,050
stärkehaltiger Pudding (mit Reis)	14 (11)	36	0,070	0,081	0,092

LOD/LOQ = Limit of Detection/Quantification

^a Mittelwerte ausschließlich berechnet auf Basis von Messwerten zu Gehalten an anorganischem Arsen

^b Da weniger als zehn Werte vorlagen, wurden die mittleren Schätzwerte für die durchschnittlichen Gehalte aller untersuchten Reissorten übernommen.

^c vorrangig Reiswaffeln

^d mittlerer Schätzwert basierend auf den durchschnittlichen Gehalten in fünf Proben Reisbrot, sechs Proben ungesäuertem Brot, Knäckebrot und Zwieback

^e mittlerer Schätzwert basierend auf dem durchschnittlichen Gehalt in drei Proben Reisflocken mit Schokolade und den Proben Reisflocken

^f Mittlerer Schätzwert basierend auf dem durchschnittlichen Gehalt in drei Proben Puffreis mit Zucker und acht Proben Puffreis

^g Anzahl der Messwerte, in Klammern Anzahl der Messwerte für anorganisches Arsen

^h Bei den mit a gekennzeichneten Lebensmitteln gingen ausschließlich die Messwerte für Gehalte an anorganischem Arsen ein. Bei den übrigen Lebensmitteln wurden die Messwerte für Gehalte an anorganischem Arsen (falls vorhanden) kombiniert mit Schätzwerten für den Gehalt an anorganischem Arsen basierend auf Messwerten für Gehalte an Gesamt-Arsen (Annahme für reisbasierte Lebensmittel: 70 % des Gesamt-Arsens ist anorganisches Arsen).

3.1.3.3.2 Verzehrdaten von Reis und Reisprodukten

NVS II – Altersgruppe 14 bis 80 Jahre

Die Altersgruppe der 14- bis 80-Jährigen wird im Folgenden zur Abgrenzung gegenüber der in anderen Ernährungsstudien untersuchten Altersgruppen der Kinder und Jugendlichen auch als die Gruppe der „Erwachsenen“ bezeichnet.

Bei Auswertung der NVS II wurden für den Verzehr von Reis und Reisprodukten vier Lebensmittelgruppen gebildet. Die Gruppe „Reiskörner“ fasst weißen Reis, braunen Reis, parboiled Reis und Wildreis zusammen²⁵. Unter „Snack mit Reis (süß/salzig)“ werden Süßigkeiten zusammengefasst, die Reis enthalten, wie z.B. Müsliriegel, Reiscrispies oder Puffreis. Reiswaffeln bilden eine eigene Gruppe und wurden einzeln ausgewertet. Eine weitere Gruppe bildet den Verzehr von Reismehl und Reisstärke ab.

Der langfristige Verzehr in g/d bzw. bezogen auf das Körpergewicht (KG) wird in Tabelle 8 bezogen auf alle Befragte und die Verzehrer dargestellt.

Tabelle 8: Langfristige (Monatsmittel) Verzehrsmenge in [g/d] bzw. [g/kg KG/Tag] entsprechend NVS II, DISHES

		g/d		g/kg KG/Tag	
		alle Befragten	nur Verzehrer	alle Befragten	nur Verzehrer
Reiskörner	gültige N	15.371	13.017	15.371	13.017
	Mittelwert	15,3	18,1	0,211	0,249
	P95	47,0	49,5	0,650	0,709
Snack mit Reis (süß/salzig)	gültige N	15.371	42	15.371	42
	Mittelwert	0,1	20,5	0,001	0,305
	P95	0,0	85,5	0,000	1,587
Reiswaffeln	gültige N	15.371	80	15.371	80
	Mittelwert	0,1	9,7	0,001	0,154
	P95	0,0	30,0	0,000	0,481
Reismehl, Reisstärke	gültige N	15.371	37	15.371	37
	Mittelwert	0,0	0,4	0,000	0,005
	P95	0,0	1,0	0,000	0,015

Der Verzehr von Reiskörnern liegt im Mittel bei 15,3 g/d bei Betrachtung aller Befragten bzw. bei 18,1 g/d in der Gruppe der Verzehrer. Der Verzehr von Reiskörnern beträgt im Mittel 0,211 g/d pro kg KG bei allen Befragten sowie 0,249 g/d pro kg KG bei den Verzehrern. Der Verzehr von Reiswaffeln liegt im Mittel bei 0,1 g/d bei Betrachtung aller Befragten bzw. bei 9,7 g/d in der Gruppe der 42 Verzehrer. Der Anteil der Verzehrer entspricht einer Quote von unter 0,1 % aller Befragten. Für die Gruppe der Verzehrer abgeleitete Schlussfolgerungen können nicht auf die Allgemeinbevölkerung übertragen werden.

Der kurzfristige Verzehr, angegeben als maximale Verzehrsmenge gemessen über zwei Tage in 24h-Recalls der NVS II, wird in Tabelle 9 in g/d sowie bezogen auf das Körpergewicht dargestellt. Der kurzfristige Verzehr von Reiskörnern liegt im Mittel bei 115,8 g/d bzw. bei 1,6 g/d pro kg KG. Der kurzfristige Verzehr von Reiswaffeln liegt bei Vielverzellern (P95) bei 90 g/d bzw. 1,4 g/d pro kg KG. In der Tabelle 9 ist Reisstärke nicht aufgeführt, da keine Nennungen zum Verzehr in den 24h-Recalls vorlagen.

²⁵ beinhaltet die BLS-Codes Reis geschält (C352XXX), Reis ungeschält (C351XXX), parboiled (C359XXX) und Wildreis (C353XXX) mit unterschiedlichen Verarbeitungen und Zubereitungsformen, hier durch XXX im BLS-Code gekennzeichnet

Tabelle 9: Kurzfristige Verzehrsmenge [g/d] bzw. [g/kg KG/Tag] entsprechend NVS II, 24h-Recall* (Verzehrer)

		g/d	g/d pro kg KG
Reiskörner	N	2.214	2.214
	MW	115,8	1,6
	P95	231,0	3,3
Snack mit Reis (süß/salzig)	N	50	50
	MW	65,9	0,8
	P95	300,0	3,5
Reiswaffel	N	65	65
	MW	42,5	0,6
	P95	90,0	1,4
Reismehl	N	68	68
	MW	4,7	0,1
	P95	9,7	0,2

* Es fanden zwei 24h-Recalls an unabhängigen Tagen statt.

Tabelle 10 vergleicht die Verzehrsmengen von Reiskörnern der NVS II mit den angenommenen Verzehrsmengen des LGL (2012). Die Ergebnisse für die verzehrte Menge an Reiskörnern pro Tag in der NVS II liegen sowohl bei langfristigen als auch bei kurzfristigen Aufnahmeszenarien im ähnlichen Bereich wie die Verzehrsmengen in der bayerischen Verzehrsstudie, die das LGL für seine Expositionsschätzung (LGL 2012) heranzieht.

Tabelle 10: Vergleich Verzehr von Reiskörnern, [g/d] zwischen bayerischer Verzehrsstudie und NVS II

	Verzehrsmenge an Reis nach bayerischer Verzehrsstudie (LGL 2012)	Verzehrsmenge an Reis nach NVS II, DISHES	Verzehrsmenge an Reis nach NVS II 24h-Recall
Langfristige Aufnahme			
Durchschnittsverzehrer (MW)	14 g/d	15 g/d	10 g/d
Vielverzehrer (P95)	42 g/d	47 g/d	57 g/d
Kurzfristige Aufnahme			
Vielverzehrer (P95)	250 g/d		231 g/d

EsKiMo-Studie – Altersgruppen 6–11 Jahre und 12–17 Jahre

Bei der Auswertung der EsKiMo-Studie wurden ebenfalls vier Gruppen gebildet. Die Gruppe „Reiskörner“ fasst weißen Reis, braunen Reis und parboiled Reis zusammen²⁶. Unter „Snacks mit Reis (süß/salzig)“ werden Lebensmittel zusammengefasst, die Reis enthalten, wie z.B. Frühstückscerealien, Müsliriegel, Reiscrispies oder Puffreis. Reiswaffeln bilden eine eigene Gruppe und wurden einzeln ausgewertet. Eine weitere Gruppe bilden Reismehl und Reisstärke. Die Ergebnisse der Auswertung der EsKiMo-Studie für 6–11-jährige und 12–17-jährige Kinder und Jugendliche sind in Tabelle 11 dargestellt.

²⁶ beinhaltet die BLS-Codes Reis geschält (C352XXX), Reis ungeschält (C351XXX), parboiled (C359XXX) mit unterschiedlichen Verarbeitungen und Zubereitungsformen, hier durch XXX im BLS-Code gekennzeichnet

Tabelle 11: Langfristige (Monatsmittel) Verzehrsmenge der 6–17-jährigen Kinder [g/d] bzw. [g/kg KG/Tag] entsprechend EsKiMo-Studie

		6–11-Jährige				12–17-Jährige			
		g/d		g/d pro kg KG		g/d		g/d pro kg KG	
		Alle Befragten	Nur Verzehrer	Alle Befragten	Nur Verzehrer	Alle Befragten	Nur Verzehrer	Alle Befragte	Nur Verzehrer
Reiskörner	N	1.155	407	1.155	407	1.351	1.133	1.351	1.133
	MW	13,2	37,6	0,4	1,2	21,8	26,0	0,4	0,5
	P95	59,8	94,9	2,0	3,2	72,0	77,1	1,3	1,5
Snack mit Reis (süß/salzig)	N	1.155	103	1.155	103	1.351	280	1.351	280
	MW	1,2	13,8	0,0	0,5	1,4	6,8	0,0	0,1
	P95	8,3	40,0	0,3	1,2	7,7	25,0	0,1	0,5
Reiswaffel	N	1.155	17	1.155	17	1.351	25	1.351	25
	MW	0,1	7,1	0,0	0,3	0,1	4,7	0,0	0,1
	P95	0,0	16,7*	0,0	0,7*	0,0	13,0	0,0	0,3
Reismehl, Reisstärke	N	1.155	47	1.155	47	1.351	21	1.351	21
	MW	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0
	P95	0,0	5,0	0,0	0,2	0,0	5,9	0,0	0,1

* aufgrund des Stichprobenumfangs in Richtung Maximum verzerrt

Bei den Kindern im Alter von 6–11 Jahren liegt bei Betrachtung aller Befragten der Verzehr von Reiskörnern im Mittel bei 13,2 g pro Tag bzw. 0,4 g/d pro kg KG. Bei Vielverzellern (P95) liegt eine Verzehrsmenge von 59,8 g pro Tag vor. Bei Vielverzellern (P95) von Snacks mit Reis (süß/salzig) liegt der Verzehr bei 8,3 g pro Tag. Reiswaffeln und Reismehl werden selten verzehrt. Bei Betrachtung der Verzehrer liegt der Verzehr von Reiskörnern im Mittel bei den Kindern im Alter von 6–11 Jahren bei 37,6 g pro Tag. Bei Vielverzellern (P95) liegt eine Verzehrsmenge von 94,9 g pro Tag vor. Der Verzehr von Snacks mit Reis (süß/salzig) liegt bei Betrachtung der Verzehrer im Mittel bei 13,8 g/d pro Tag und von Reiswaffeln im Mittel bei 7,1 g.

In der Altersgruppe der 12–17-Jährigen liegt bei Betrachtung aller Befragten der Verzehr von Reiskörnern bei 21,8 g pro Tag bzw. 0,4 g/d pro kg KG. Vielverzellern (P95) verzehren 72 g pro Tag. Bei Vielverzellern (P95) von Snacks mit Reis liegt der Verzehr bei 7,7 g pro Tag. Reiswaffeln und Reismehl werden auch in dieser Altersgruppe kaum verzehrt. Bei der Gruppe der Verzehrer liegt die Verzehrsmenge von Reiskörnern bei 12–17-Jährigen im Mittel bei 26 g pro Tag. Bei Vielverzellern (P95) liegt eine Verzehrsmenge von 77,1 g pro Tag vor. Der Verzehr von Snacks mit Reis liegt im Mittel bei 6,8 g pro Tag und von Reiswaffeln im Mittel bei 4,7 g/Tag. Ein Vergleich mit den Annahmen des LGL ist nicht möglich, da dort diese Altersgruppen nicht gesondert betrachtet wurden.

VELS-Studie, Altersgruppe 0,5 bis <5 Jahre

Bei der Auswertung der VELS-Studie wurden neun Gruppen gebildet. Die Gruppe „Reiskörner“ fasst weißen Reis, braunen Reis, parboiled Reis und Wildreis zusammen (s. Fußnote Nr. 25). Unter Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren werden Reisflocken und Reischleimpulver zusammengefasst. Unter „Snacks mit Reis (süß/salzig)“ werden bestimmte Lebensmittel zusammengefasst, die Reis enthalten, wie z.B. Frühstückscerealien, Müsliriegel, Reiscracker und -kekse, Reiscrispies oder Puffreis. Reiswaffeln bilden eine eigene Gruppe und wurden getrennt ausgewertet. Weitere Gruppen sind Säuglingsnahrung mit Reis, verzehrfertig (Gläschen), Reisgerichte, die als Fertigprodukte angeboten werden (z.B. Gemüse-Reis-Pfanne), Reismilch, Milchreis (verzehrfertiges Produkt) sowie Spezialnahrung

mit Reis (hypoallergene Produkte). Die Verzehrsmengen beziehen sich immer auf das gesamte Produkt und nicht nur auf den Reisanteil im Produkt, da dieser nicht bekannt ist.

In Tabelle 12 bis Tabelle 14 sind Verzehrsmengen differenziert nach den oben beschriebenen Gruppen aufgeführt. Aufgrund der großen Unterschiede im Ernährungsverhalten der Kleinkinder und Kinder in den Altersspannen 0,5–1 (Säuglingsnahrung/Stillen und Beikost), 1–2 (Beikost und Übergang zur Familienkost) und 2–5 Jahre (Familienkost) wurde nach den genannten Altersgruppen unterteilt. Kinder aller Altersgruppen, die zum Zeitpunkt der Erhebung der Verzehrdaten noch gestillt wurden, wurden nicht in die Expositionsschätzung einbezogen.

Der Reisverzehr ist bei den 0,5–<1-jährigen Kleinkindern im Mittel mit 8,1 g/d sowie mit 25,4 g/d bei den Vielverzellern (P95) im Vergleich zu den älteren Befragten zwischen 1 und 5 Jahren am höchsten. Der Anteil der Verzellern unter den Befragten liegt bei 98,1 %, sodass Reis einen alltäglichen Bestandteil der Ernährung dieser Altersgruppe darstellt.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die lang- und kurzfristigen Verzehrsmengen in g/d bezogen auf das Körpergewicht entsprechend der VELS-Studie. Zur Darstellung der Verzehrsmengen von Reis werden in den nachfolgenden Tabellen alle gebildeten Gruppen mit der jeweiligen Verzehrsmenge abgebildet. Da nicht für alle hier aufgeführten Lebensmittelgruppen Gehaltsdaten vorliegen, können in die Expositionsschätzung nur die Gruppen Reiskörner, Snack mit Reis, Reiswaffeln, Milchreis und Säuglingsnahrung auf Reibasis zum Anrühren einbezogen werden.

Tabelle 12: Langfristige (Monatsmittel) Verzehrsmenge bezogen auf das Körpergewicht [g/kg KG/Tag] (Basis: alle Befragte) entsprechend VELS-Studie

		Altersgruppe			
		Gesamt 0,5–<5 Jahre	0,5–<1 Jahr	1–<2 Jahre	2–<5 Jahre
Reiskörner	N	732	95	162	475
	MW	0,310	0,119	0,376	0,326
	P95	1,626	1,000	2,095	1,656
Snack mit Reis (süß/salzig)	N	732	95	162	475
	MW	0,037	0,027	0,102	0,017
	P95	0,119	0,102	0,260	0,080
Reiswaffeln	N	732	95	162	475
	MW	0,008	0,022	0,010	0,004
	P95	0,000	0,280	0,000	0,000
Säuglingsnahrung mit Reis, verzehrfertig (Gläschen)	N	732	95	162	475
	MW	0,645	3,915	0,378	0,082
	P95	4,314	13,500	3,107	0,000
Reisgerichte	N	732	95	162	475
	MW	0,314	0,283	0,381	0,298
	P95	2,367	3,488	2,876	1,927
Reismilch	N	732	95	162	475
	MW	0,072	0,000	0,201	0,043
	P95	0,000	0,000	0,000	0,000
Milchreis	N	732	95	162	475
	MW	0,216	0,165	0,192	0,234
	P95	1,667	1,225	1,493	1,786
Spezialnahrung mit Reis	N	732	95	162	475
	MW	0,030	0,150	0,046	0,000
	P95	0,000	0,741	0,000	0,000
Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren	N	732	95	162	475
	MW	0,016	0,104	0,003	0,003
	P95	0,000	0,633	0,000	0,000

Tabelle 13: Langfristige (Monatsmittel) Verzehrsmenge bezogen auf das Körpergewicht [g/kg KG/Tag] (Basis: nur Verzehrer) entsprechend VELS-Studie

		Altersgruppe			
		Gesamt 0,5–<5 Jahre	0,5–<1 Jahr	1–<2 Jahre	2–<5 Jahre
Reiskörner	N	221	12	52	157
	MW	1,026	0,946	1,170	0,985
	P95	2,465	1,451*	2,920	2,438
Snack mit Reis (süß/salzig)	N	70	10	27	33
	MW	0,384	0,254	0,612	0,238
	P95	1,176	0,794*	1,465	0,725
Reiswaffeln	N	25	5	7	13
	MW	0,233	0,424	0,237	0,157
	P95	0,505	0,541*	0,423*	0,452*
Säuglingsnahrung mit Reis, verzehrfertig (Gläschen)	N	80	48	20	12
	MW	5,900	7,748	3,058	3,247
	P95	13,601	19,092	7,232	6,104*
Reisgerichte	N	113	8	28	77
	MW	2,037	3,365	2,202	1,839
	P95	4,250	4,085*	4,076	4,663
Reismilch	N	4	0	2	2
	MW	13,201	n.b.	16,261	10,141
	P95	19,418*	n.b.	19,418*	16,029*
Milchreis	N	75	5	12	58
	MW	2,105	3,139	2,598	1,914
	P95	5,361	6,803*	7,018*	4,725
Spezialnahrung mit Reis	N	7	6	1	0
	MW	3,109	2,377	7,500	n.b.
	P95	7,500*	6,098*	n.b.	n.b.
Säuglingsnahrung auf Reis- basis zum Anrühren	N	16	11	2	3
	MW	0,729	0,900	0,204	0,449
	P95	3,451*	3,451*	0,297*	0,556*

n.b.: nicht berechenbar

* aufgrund des Stichprobenumfangs in Richtung Maximum verzerrt

Tabelle 14: Kurzfristige Verzehrsmenge an Reis und Reisprodukten nach VELS-Studie, g/kg KG pro Tag

		Altersgruppe			
		Gesamt 0,5–<5 Jahre	0,5–<1 Jahr	1–<2 Jahre	2–<5 Jahre
Reiskörner	N	221	12	52	157
	MW	5,267	5,674	6,228	4,918
	P95	11,882	8,704*	14,792	11,134
Snack mit Reis (süß/salzig)	N	70	10	27	33
	MW	1,375	0,725	1,985	1,073
	P95	4,500	1,569*	8,788	2,878
Reiswaffeln	N	25	5	7	13
	MW	1,033	1,464	1,119	0,822
	P95	2,025	1,961*	1,538*	2,034*
Säuglingsnahrung auf Reisbasis, verzehrbar (Gläschen)	N	80	48	20	12
	MW	20,697	24,922	13,690	15,473
	P95	43,434	46,782	23,810	19,868*
Reisgerichte	N	113	8	28	77
	MW	10,577	20,192	11,230	9,341
	P95	24,510	24,510*	21,182	27,000
Reismilch	N	4	0	2	2
	MW	33,807	n.b.	43,071	24,543
	P95	46,952*	n.b.	46,952*	38,164*
Milchreis	N	75	5	12	58
	MW	10,962	14,752	13,944	10,019
	P95	21,055	20,410*	42,105*	19,229
Spezialnahrung mit Reis	N	7	6	1	0
	MW	5,011	4,107	10,435	n.b.
	P95	10,435*	6,098*	n.b.	n.b.
Säuglingsnahrung auf Reisbasis, zum Anrühren	N	16	11	2	3
	MW	2,048	2,146	1,224	2,236
	P95	4,902*	4,902*	1,782*	3,333*

n.b.: nicht berechenbar

* aufgrund des Stichprobenumfangs in Richtung Maximum verzerrt

Nachfolgende Tabelle 15 stellt den Vergleich der Verzehrsmengen an Reiswaffeln zwischen der VELS-Studie und dem Bericht des LGL (LGL 2012) dar. Auf Basis der Gruppe der Verzehrer sind die Verzehrsmengen von Reiswaffeln in der VELS-Studie bei einem chronischen Aufnahmeszenario etwas geringer als die Verzehrsmengen, die im Bericht des LGL (LGL 2012) zugrunde gelegt wurden. Die Aufnahme bei einem akuten Aufnahmeszenario liegt bei Einbeziehung aller Befragten bei 8 g/d und bei alleiniger Betrachtung der Verzehrer bei 8 bis zu 20 g/d. Insgesamt liegen auch für Reiswaffeln die Verzehrsmengen, die für den Bericht des LGL (LGL 2012) herangezogen wurden, im ähnlichen Bereich wie diejenigen, die aus der VELS-Studie abgeleitet wurden.

Tabelle 15: Vergleich Verzehr von Reiswaffeln in g/d zwischen bayerischer Verzehrsstudie und VELS-Studie

	Verzehrmenge an Reiswaffeln eines 2-jährigen Kindes nach Bericht des LGL (LGL 2012)	Verzehrmenge an Reiswaffeln nach VELS-Studie eines 1-<2-jährigen Kindes
Langfristige Aufnahme		Basis: nur Verzehrer (n=7)
Durchschnittsverzehrer (MW)	4 g/d	2,8 g/d
Vielverzehrer (P95)	8 g/d	5,5 g/d
Kurzfristige Aufnahme		Basis nur Verzehrer (n=7)
Vielverzehrer (P95)	20 g/d	20 g/d

Im Handel werden hauptsächlich Verpackungsgrößen von Reiswaffeln mit einer Gewichtsangabe von 100 g angeboten, die ca. 13 Reiswaffeln enthalten, sodass eine Reiswaffel ein Gewicht von ca. 7,7 g aufweist. Bezogen auf die Verzehrsmengen des LGL, verzehren Vielverzehrer kurzfristig ca. drei Waffeln am Tag. Auch hier können die für die Gruppe der Verzehrer abgeleiteten Schlussfolgerungen nicht auf die Allgemeinbevölkerung übertragen werden.

Tabellen 16 und 17 zeigen die Verzehrsmengen von ausschließlich braunem Reis, um bei der Aufnahmeschätzung von Gesamt-Arsen die unterschiedlichen Gehalte in weißem und braunem Reis angeben zu können.

Tab. 16: Verzehrsmengen von braunem Reis nach NVS II, DISHES und 24h-Recall g/Tag bzw. g/kg KG/Tag**

		Alle Befragten	Nur Verzehrer
Langfristige (Monatsmittel) Verzehrsmenge g/d			
brauner Reis,	N	15.371	1.592
	MW	1,5	14,3
	P95	9,3	37,1
Langfristige (Monatsmittel) Verzehrsmenge in g/d pro kg KG			
brauner Reis,	N	15.371	1.592
	MW	0,020	0,196
	P95	0,140	0,548
Kurzfristige Verzehrsmenge			
brauner Reis,	N= 176	g/d	g/d pro kg KG
	MW	107,0	1,6
	P95	188,3	3,0

* in der Datenerhebung bezeichnet als „Reis, ungeschält“

Tab. 17: Verzehrsmengen von braunem Reis** nach VELS-Studie, g/Tag bzw. g/kg KG/Tag

		Altersgruppe			
		Gesamt 0,5–<5 Jahre	0,5–<1 Jahr	1–<2 Jahre	2–<5 Jahre
Langfristige (Monatsmittel) Verzehrsmenge in g/d (Basis: alle Befragten)					
brauner Reis	gültige N	732	95	162	475
	Mittelwert	0,8	0,1	0,6	1,0
	Perzentil 95	5,8	0,0	4,9	7,7
Langfristige (Monatsmittel) Verzehrsmenge in g/d (Basis: nur Verzehrer)					
brauner Reis	gültige N	40	1	10	29
	Mittelwert	15,3	10,0	10,5	17,2
	Perzentil 95	42,7		23,7*	48,5
Langfristige (Monatsmittel) Verzehrsmenge in g/d pro kg KG (Basis: alle Befragten)					
brauner Reis	gültige N	732	95	162	475
	Mittelwert	0,056	0,010	0,062	0,062
	Perzentil 95	0,422	0,000	0,455	0,494
Langfristige (Monatsmittel) Verzehrsmenge in g/d pro kg KG (Basis: nur Verzehrer)					
brauner Reis	gültige N	40	1	10	29
	Mittelwert	1,018	0,980	1,008	1,022
	Perzentil 95	2,572		2,465*	2,680
Kurzfristige Verzehrsmenge in g/d					
brauner Reis	gültige N	40	1	10	29
	Mittelwert	82,3	60,0	60,4	90,7
	Perzentil 95	210,5		142,0*	221,0
Kurzfristige Verzehrsmenge in g/d pro kg KG					
brauner Reis	gültige N	40	1	10	29
	Mittelwert	5,511	5,882	5,794	5,400
	Perzentil 95	13,337		14,792*	11,882

* aufgrund des Stichprobenumfangs in Richtung Maximum verzerrt

** in der Datenerhebung bezeichnet als „Reis, ungeschält“

3.1.3.4 Expositionsschätzung

Für die Expositionsschätzung wurden die ermittelten Verzehrdaten für Reiskörner laut BLS für die Gewichtszunahme durch Aufnahme von Wasser beim Garen durch den Faktor 2,8 dividiert, da sich die Verzehrdaten auf Gewichtsangaben der gekochten Lebensmittel beziehen, die Daten zu Gehalten jedoch auf die rohen Reiskörner.

Anorganisches Arsen

Für die Expositionsschätzung werden die in Tabelle 18 dargestellten Gehaltsdaten zu anorganischem Arsen in Reis und Reisprodukten zugrunde gelegt. Im Sinne einer konservativen Expositionsschätzung wurden für einige Gruppen (Reiskörner, Reiswaffeln, Snack mit Reis [süß/salzig], Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren und Reismehl, Reisstärke) die Daten zu Gehalten an anorganischem Arsen in Reis und Reisprodukten des LGL verwendet, da hier im Vergleich zu den vom BVL übermittelten Daten durchgängig höhere Gehalte gemessen wurden. Für Milchreis standen keine Gehaltsdaten des LGL zur Verfügung. In die Gruppe Reiskörner gingen Daten zu Gehalten an anorganischem Arsen in allen Reiskörnern inklusive braunem Reis ein, da die Gehaltsdaten bei anorganischem Arsen wegen geringer Probenzahlen keine getrennte Auswertung zu braunem Reis ermöglicht. Für Reismehl und Reisstärke wurden aufgrund fehlender Daten zum Gehalt an anorganischem Arsen die für Reiskörner ermittelten Gehaltsdaten übernommen. Für die Schätzung der Exposition durch den Verzehr von „Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren“ wurden die Gehalte der

Produktgruppe „Reisbrei und Reisflocken“ verwendet. Zu den Produkten Spezialnahrung mit Reis, Reismilch, Reisgerichte und „Säuglingsnahrung mit Reis verzehrfertig (Gläschen)“ liegen keine Daten zu Gehalten an anorganischem Arsen oder zu den enthaltenen Reisanteilen vor bzw. können keine Gehaltsdaten von anderen Produktgruppen oder von Reiskörnern übernommen werden, sodass diese Reisprodukte nicht in die Expositionsschätzung einfließen. Eine daraus möglicherweise resultierende Unterschätzung wird als geringfügig eingeschätzt, da teils geringe Verzehrsmengen vorliegen und diese Reisprodukte zum Großteil nur anteilmäßig aus Reis bestehen.

Tabelle 18: Für die Expositionsschätzung verwendete Gehalte an anorganischem Arsen in Reis und Reisprodukten, mg/kg

Produkt	gültige N	MW	P95
Reiskörner**	80	0,104	0,207
Reiswaffeln**	51	0,260	0,425
Snack mit Reis (süß/salzig)**	10	0,053	0,107*
Milchreis***	14	0,020	0,020*
Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren**	25	0,187	0,309
Reismehl, Reisstärke****	80	0,104	0,207

* aufgrund des Stichprobenumfangs in Richtung Maximum verzerrt

** Daten LGL 2012 für weißen und braunen Reis (Reiskörner), Reiswaffeln (Reiswaffeln), Puff-, Schokoreis und Reis-Cracker (Snack mit Reis süß/salzig), Reisbrei, Reisflocken (Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren)

*** Daten aus der Lebensmittelüberwachung, übermittelt vom BVL

**** Daten für Reiskörner verwendet, da keine Gehaltsdaten für Reismehl verfügbar waren

Die Expositionsschätzung wurde auf Basis der Mittelwerte vorgenommen und nicht auf Basis der hohen Gehalte (P95), da die langfristige Aufnahme von Reis und Reisprodukten mit ausschließlich hohen Gehalten als nicht realistisch angesehen wird.

Für die Altersgruppe der 14–80-jährigen Bevölkerung ergibt sich auf Grundlage der in der NVS II ermittelten Verzehrsmengen eine langfristige Aufnahme an Arsen in Höhe von 0,008 µg/kg KG/Tag über den Verzehr von Reis-Gesamt (alle Befragten). Die Verzehrer nehmen 0,009 µg/kg KG/Tag über den Verzehr von Reis-Gesamt auf. Diese Aufnahmemenge resultiert bei Betrachtung aller Befragten zum größten Teil aus dem Verzehr von Reiskörnern. Weitere Lebensmittelgruppen mit Reis wie z.B. Reiswaffeln oder Snacks mit Reis haben bei Betrachtung aller Befragten wegen der geringen Zahl der Verzehrer keinen Einfluss auf die Höhe der Aufnahme von Arsen über Reis und Reisprodukte (s. Tabelle 22). Aufgrund der hohen Gehalte an anorganischem Arsen in Reiswaffeln führt der Verzehr von 9,7 g Reiswaffeln (ca. 1,25 Reiswaffeln) pro Tag (0,154 g/kg KG/Tag) bei Betrachtung der Verzehrer zu einer Aufnahme von 0,04 µg anorganischem Arsen/kg KG/Tag, was in etwa dem Fünffachen des Mittelwertes der Aufnahme an anorganischem Arsen aller Befragten (0,008 µg/kg KG/Tag) entspricht.

Tabelle 19: Schätzung der langfristigen Exposition gegenüber anorganischem Arsen [$\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$] entsprechend NVS II, DISHES

		alle Befragten	nur Verzehrer
Reis-Gesamt	gültige N	15.371	13.037
	Minimum	0,000	0,000
	Mittelwert	0,008	0,009
	P95	0,025	0,027
Reiskörner	gültige N	15.371	13.017
	Minimum	0,000	0,000
	Mittelwert	0,008	0,009
	P95	0,024	0,026
Snack mit Reis (süß/salzig)	gültige N	15.371	42
	Minimum	0,000	0,000
	Mittelwert	0,000	0,016
	P95	0,000	0,084
Reiswaffeln	gültige N	15.371	80
	Minimum	0,000	0,001
	Mittelwert	0,000	0,040
	P95	0,000	0,125
Reismehl, Reisstärke	gültige N	15.371	37
	Minimum	0,000	0,000
	Mittelwert	0,000	0,001
	P95	0,000	0,002

Die kurzfristige Aufnahme von anorganischem Arsen über Reiskörner liegt im Mittel bei $0,059 \mu\text{g}/\text{kg KG}$ pro Tag. Der kurzfristige Verzehr von Reiswaffeln führt im Vergleich zu den übrigen reisbasierten Lebensmitteln zu der höchsten Exposition gegenüber anorganischem Arsen mit im Mittel $0,161 \mu\text{g}/\text{kg KG}$ pro Tag. Der Verzehr von „Snacks mit Reis“ führt zu einer kurzfristigen Exposition in Höhe von $0,045 \mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ (s. Tabelle 20).

Für die Altersgruppe der 6–11-jährigen Kinder ergibt sich auf Grundlage der aus der EsKiMo-Studie ermittelten Verzehrsmengen eine langfristige Aufnahme an anorganischem Arsen in Höhe von $0,020 \mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ über den Verzehr von Reis-Gesamt (alle Befragten). Der Verzehr von Reiswaffeln führt bei dieser Altersgruppe zu einer Aufnahme an anorganischem Arsen in Höhe von $0,068 \mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ (Mittelwert, Verzehrer) (s. Tabelle 21).

Für die Altersgruppe der 12–17-jährigen Kinder und Jugendlichen ergibt sich auf der Grundlage der in der EsKiMo-Studie ermittelten Verzehrsmengen eine langfristige Aufnahme an anorganischem Arsen in Höhe von $0,016 \mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ über den Verzehr von Reis-Gesamt (alle Befragten). In der Gruppe der Verzehrer werden über den Verzehr von Reis-Gesamt $0,019 \mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ anorganisches Arsen aufgenommen. Der Verzehr von Reiswaffeln führt bei dieser Altersgruppe zu einer Aufnahme an anorganischem Arsen in Höhe von $0,024 \mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ (Mittelwert, Verzehrer).

Tabelle 20: Schätzung der kurzfristigen Exposition gegenüber anorganischem Arsen [$\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$] entsprechend NVS II, 24h-Recall*

		Gesamt
Reiskörner	gültige N	2.214
	Minimum	0,003
	Mittelwert	0,059
	Perzentil 95	0,123
Snack mit Reis (süß/salzig)	gültige N	50
	Minimum	0,001
	Mittelwert	0,045
	Perzentil 95	0,187
Reismehl	gültige N	68
	Minimum	0,001
	Mittelwert	0,007
	Perzentil 95	0,017
Reiswaffel	gültige N	65
	Minimum	0,026
	Mittelwert	0,161
	Perzentil 95	0,374

Tabelle 21: Langfristige (Monatsmittel) Aufnahmemenge von anorganischem Arsen der 6–17-jährigen Kinder, $\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$

		6–11-Jährige		12–17-Jährige	
		Alle Befragten	Nur Verzehrer	Alle Befragten	Nur Verzehrer
Reis-Gesamt	gültige N	1.155	496	1.351	1.177
	Minimum	0	<0,001	0	<0,001
	Mittelwert	0,020	0,046	0,016	0,019
	P95	0,088	0,135	0,056	0,059
Reiskörner	gültige N	1.155	407	1.351	1.133
	Minimum	0	<0,001	0	<0,001
	Mittelwert	0,016	0,046	0,014	0,017
	P95	0,074	0,119	0,047	0,056
Snack mit Reis (süß/salzig)	gültige N	1.155	103	1.351	280
	Minimum	0	0,003	0	0,001
	Mittelwert	0,002	0,025	0,001	0,007
	P95	0,015	0,065	0,008	0,024
Reiswaffel	gültige N	1.155	17	1.351	25
	Minimum	0	0,008	0	0,001
	Mittelwert	0,001	0,068	<0,001	0,024
	P95	0	0,181*	0	0,080
Reismehl, Reisstärke	gültige N	1.155	47	1.351	21
	Minimum	0	<0,001	0	<0,001
	Mittelwert	<0,001	0,003	<0,001	0,002
	P95	0	0,018	0	0,011

* aufgrund des Stichprobenumfangs in Richtung Maximum verzerrt

Die langfristige Aufnahme an anorganischem Arsen aller Befragten bzw. der Verzehrer der Altersgruppe der 0,5- bis <5-jährigen Kinder, basierend auf den Verzehrdaten der VELS-Studie, ist in Tabellen 22 und Tabelle 23 dargestellt. Durch den Verzehr von Reis-Gesamt

liegt die Langzeitaufnahme an anorganischem Arsen bei Kindern im Alter von 0,5–<1 Jahr bei 0,034 µg/kg KG/Tag (Mittelwert, alle Befragten, Tabelle 21). In der Gruppe der Verzehrer werden bei Kindern dieser Altersgruppe 0,113 µg/kg KG/Tag anorganisches Arsen durch den Verzehr von Reis-Gesamt aufgenommen (Mittelwert, Verzehrer, Tabelle 23). Der Verzehr von Reiswaffeln führt bei dieser Altersgruppe zu einer Aufnahme von anorganischem Arsen in Höhe von 0,110 µg/kg KG/Tag (Mittelwert, Verzehrer), wobei zu beachten ist, dass diese Aussage auf lediglich fünf Verzehrern beruht und damit mit Unsicherheit behaftet ist.

Tabelle 22: Langfristige Monatsmittel) Aufnahmemenge von anorganischem Arsen (Basis: alle Befragten) entsprechend VELS-Studie, µg/kg KG/Tag

		Altersgruppe			
		Gesamt 0,5–<5 Jahre	0,5–<1 Jahr	1–<2 Jahre	2–<5 Jahre
Reis-Gesamt	N	732	95	162	475
	MW	0,023	0,034	0,026	0,019
	P95	0,095	0,170	0,093	0,081
Reiskörner	N	732	95	162	475
	MW	0,012	0,004	0,014	0,012
	P95	0,060	0,037	0,078	0,062
Snack mit Reis (süß/salzig)	N	732	95	162	475
	MW	0,002	0,001	0,005	0,001
	P95	0,006	0,005	0,014	0,004
Reiswaffeln	N	732	95	162	475
	MW	0,002	0,006	0,003	0,001
	P95	0,000	0,073	0,000	0,000
Milchreis	N	732	95	162	475
	MW	0,004	0,003	0,004	0,005
	P95	0,033	0,025	0,030	0,036
Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren	N	732	95	162	475
	MW	0,003	0,019	0,000	0,001
	P95	0,000	0,118	0,000	0,000

Tabelle 23: Langfristige (Monatsmittel) Aufnahmemenge von anorganischem Arsen (Basis: nur Verzehrer) entsprechend VELS-Studie, µg/kg KG/Tag

		Altersgruppe			
		Gesamt 0,5–<5 Jahre	0,5–<1 Jahr	1–<2 Jahre	2–<5 Jahre
Reis-Gesamt	N	328	29	76	223
	MW	0,051	0,113	0,056	0,041
	P95	0,131	0,364	0,140	0,105
Reiskörner	N	221	12	52	157
	MW	0,038	0,035	0,043	0,037
	P95	0,092	0,054*	0,108	0,091
Snack mit Reis (süß/salzig)	N	70	10	27	33
	MW	0,020	0,013	0,032	0,013
	P95	0,062	0,042*	0,078	0,038
Reiswaffeln	N	25	5	7	13
	MW	0,061	0,110	0,062	0,041
	P95	0,131	0,141*	0,110*	0,118*
Milchreis	N	75	5	12	58
	MW	0,042	0,063	0,052	0,038
	P95	0,107	0,136*	0,140*	0,095
Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren	N	16	11	2	3
	MW	0,136	0,168	0,038	0,084
	P95	0,645*	0,645*	0,056*	0,104*

* aufgrund des Stichprobenumfangs in Richtung Maximum verzerrt

Die Kurzeitaufnahme an anorganischem Arsen für die Altersgruppe der 0,5–<5-jährigen Kinder ist in Tabelle 24 dargestellt. Die kurzfristige Aufnahme an anorganischem Arsen über den Verzehr von Reiswaffeln beträgt in dieser Altersgruppe im Mittel rund 0,27 µg/kg KG/Tag, bei hohem Verzehr (P95) 0,53 µg/kg KG/Tag (jeweils bei Betrachtung der Verzehrer).

Tabelle 24: Kurzfristige Aufnahmemenge von anorganischem Arsen (Basis: nur Verzehrer) entsprechend der VELS-Studie, µg/kg KG/Tag

		Altersgruppe			
		Gesamt 0,5–< 5 Jahre	0,5–<1 Jahr	1–<2 Jahre	2–<5 Jahre
Reiskörner	N	221	12	52	157
	MW	0,196	0,211	0,231	0,183
	P95	0,441	0,323*	0,549	0,414
Snack mit Reis (süß/salzig)	N	70	10	27	33
	MW	0,073	0,038	0,105	0,057
	P95	0,239	0,083*	0,466	0,153
Reiswaffeln	N	25	5	7	13
	MW	0,269	0,381	0,291	0,214
	P95	0,527	0,510*	0,400*	0,529*
Milchreis	N	75	5	12	58
	MW	0,219	0,295	0,279	0,200
	P95	0,421	0,408*	0,842*	0,385
Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren	N	16	11	2	3
	MW	0,383	0,401	0,229	0,418
	P95	0,917*	0,917*	0,333*	0,623*

* aufgrund des Stichprobenumfangs in Richtung Maximum verzerrt

Gesamt-Arsen

Für die Expositionsschätzung werden einige der in Tabelle 5 dargestellten Daten aus der Lebensmittelüberwachung der Jahre 2000 bis 2012 zu Gesamt-Arsen (UB und LB) in Reis und Reisprodukten zugrunde gelegt. Zu einigen reisbasierten Lebensmittel, für die Verzehrsmengen in den der Expositionsschätzung zugrunde liegenden Verzehrstudien erhoben wurden, lagen keine Daten zu Gehalten an Gesamt-Arsen vor bzw. konnten keine Gehaltsdaten von anderen Produktgruppen oder von Reiskörnern übernommen werden. Zu diesen Lebensmitteln zählen Reiswaffeln, Spezialnahrung mit Reis, Reismilch, Reisgerichte sowie Säuglingsnahrung auf Reisbasis, verzehrfertig (Gläschen). Diese Reisprodukte sind daher nicht in die Expositionsschätzung für Gesamt-Arsen eingeflossen. Milchreis wurde ebenfalls nicht in die Expositionsschätzung aufgenommen, da keine Verzehrdaten aus der NVS II hierfür vorlagen. Eine daraus möglicherweise resultierende Unterschätzung wird mit der Ausnahme von Reiswaffeln als geringfügig eingeschätzt, da für diese Lebensmittel geringe Verzehrsmengen vorliegen und diese Reisprodukte zudem nur anteilmäßig je nach Zubereitung aus Reis bestehen. Für Verzehrer von Reiswaffeln ist bei der hier vorliegenden Expositionsschätzung für Gesamt-Arsen von einer Unterschätzung der Exposition auszugehen, insbesondere in der Altersgruppe der Kinder unter einem Jahr.

Tabelle 25: Schätzung der langfristigen Exposition gegenüber Gesamt-Arsen entsprechend NVS II, DIS-HES, µg/kg KG/Tag

		LB		UB	
		Gesamt alle Befragten	Gesamt nur Verzehrer	Gesamt alle Befragten	Gesamt nur Verzehrer
Reis-Gesamt	gültige N	15.371	13.024	15.371	13.024
	Mittelwert	0,011	0,013	0,011	0,014
	Perzentil 95	0,035	0,030	0,036	0,039
weißer Reis	gültige N	15.371	12.363	15.371	12.363
	Mittelwert	0,010	0,012	0,010	0,012
	Perzentil 95	0,030	0,034	0,031	0,035
brauner Reis	gültige N	15.371	1.592	15.371	1.592
	Mittelwert	0,002	0,016	0,002	0,016
	Perzentil 95	0,011	0,043	0,011	0,043
Snack mit Reis (süß/salzig)	gültige N	15.371	42	15.371	42
	Mittelwert	0,000	0,022	0,000	0,030
	Perzentil 95	0,000	0,116	0,000	0,156
Reismehl, Reisstärke*	gültige N	15.371	37	15.371	37
	Mittelwert	0,000	0,001	0,000	0,001
	Perzentil 95	0,000	0,002	0,000	0,002

* Für Reismehl und Reisstärke wurden die Werte der Gehalte in weißem Reis für die Expositionsschätzung verwendet.

Für die Altersgruppe der 14–80-jährigen Bevölkerung ergibt sich auf Grundlage der in der NVS II ermittelten Verzehrsmengen eine langfristige Aufnahme an Gesamt-Arsen von 0,011 µg/kg KG/Tag über den Verzehr von Reis-Gesamt (alle Befragten). Die Verzehrer nehmen zwischen 0,013 und 0,014 µg/kg KG/Tag durch den Verzehr von Reis-Gesamt auf. Diese Aufnahmemenge resultiert bei Betrachtung aller Befragten zum größten Teil aus dem Verzehr von weißem Reis (s. Tabelle 25).

Auf Grundlage der in der NVS II ermittelten Verzehrsmengen für weißen Reis ergibt sich eine kurzfristige Aufnahme von Gesamt-Arsen zwischen 0,079 und 0,081 µg/kg KG/Tag. Brauner Reis (N=176) führt zur höchsten kurzfristigen Exposition von 0,123 µg/kg KG/Tag (s. Tabelle 26).

Die langfristige Aufnahme an Gesamt-Arsen in der Altersgruppe der 0,5–<5-jährigen Kinder ist für alle Befragten sowie für die Gruppe der Verzehrer in Tabellen 27 und Tabelle 28 dargestellt. Durch den Verzehr von Reis-Gesamt liegt die Langzeitaufnahme an Gesamt-Arsen bei Kindern im Alter von 1–<2 Jahre bei 0,029 bis 0,040 µg/kg KG/Tag (alle Befragte). Die Verzehrer des gleichen Alters nehmen zwischen 0,063 und 0,088 µg/kg KG/Tag Gesamt-Arsen über den Verzehr von Reis-Gesamt auf. Die Verzehrer der Altersgruppe 0,5–<1 Jahr nehmen zwischen 0,099 und 0,127 µg/kg KG/Tag auf.

Tabelle 26: Schätzung der kurzfristigen Exposition gegenüber Gesamt-Arsen entsprechend NVS II, 24h-Recall, µg/kg KG/Tag

		Gesamt LB	Gesamt UB
weißer Reis	gültige N	2.065	2.065
	Mittelwert	0,079	0,081
	Perzentil 95	0,165	0,170
brauner Reis	gültige N	176	176
	Mittelwert	0,123	0,123
	Perzentil 95	0,240	0,240
Snack mit Reis (süß/salzig)	gültige N	113	113
	Mittelwert	0,052	0,070
	Perzentil 95	0,119	0,160
Reismehl, Reisstärke*	gültige N	68	68
	Mittelwert	0,009	0,009
	Perzentil 95	0,023	0,023

* Für Reismehl und Reisstärke wurden die Werte der Gehalte in weißem Reis für die Expositionsschätzung verwendet.

Tabelle 27: Langfristige (Monatsmittel) Aufnahmemenge von Gesamt-Arsen in µg/kg KG/Tag (Basis: alle Befragten) entsprechend VELS-Studie, lower bound (LB) und upper bound (UB)

		Altersgruppe							
		Gesamt 0,5-<5 Jahre		0,5-<1 Jahr		1-<2 Jahre		2-<5 Jahre	
		LB	UB	LB	UB	LB	UB	LB	UB
Reis-Gesamt	N	732	732	95	95	162	162	475	475
	MW	0,024	0,034	0,028	0,036	0,029	0,040	0,021	0,032
	P95	0,105	0,144	0,126	0,228	0,115	0,150	0,097	0,135
weißer Reis	N	732	732	95	95	162	162	475	475
	MW	0,013	0,013	0,005	0,006	0,016	0,016	0,013	0,014
	P95	0,076	0,079	0,050	0,051	0,099	0,102	0,079	0,082
brauner Reis	N	732	732	95	95	162	162	475	475
	MW	0,004	0,004	0,001	0,001	0,005	0,005	0,005	0,005
	P95	0,033	0,033	0,000	0,000	0,036	0,036	0,039	0,039
Snack mit Reis (süß/salzig)	N	732	732	95	95	162	162	475	475
	MW	0,003	0,004	0,002	0,003	0,007	0,010	0,001	0,002
	P95	0,009	0,012	0,007	0,010	0,019	0,025	0,006	0,008
Milchreis	N	732	732	95	95	162	162	475	475
	MW	0,001	0,010	0,000	0,008	0,000	0,009	0,001	0,011
	P95	0,004	0,076	0,003	0,056	0,004	0,068	0,004	0,082
Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren	N	732	732	95	95	162	162	475	475
	MW	0,003	0,003	0,019	0,019	0,000	0,000	0,001	0,001
	P95	0,000	0,000	0,118	0,118	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabelle 28: Langfristige (Monatsmittel) Aufnahmemenge von Gesamt-Arsen in µg/kg KG/Tag (Basis: nur Verzehrer) entsprechend VELS-Studie, lower bound (LB) und upper bound (UB)

		Altersgruppe							
		Gesamt 0,5–<5 Jahre		0,5–<1 Jahr		1–<2 Jahre		2–<5 Jahre	
		LB	UB	LB	UB	LB	UB	LB	UB
Reis-Gesamt	N	317	317	27	27	74	74	216	216
	MW	0,054	0,079	0,099	0,127	0,063	0,088	0,046	0,070
	P95	0,146	0,207	0,377	0,393	0,146	0,207	0,135	0,181
weißer Reis	N	189	189	11	11	45	45	133	133
	MW	0,050	0,051	0,047	0,048	0,056	0,058	0,048	0,049
	P95	0,122	0,125	0,073*	0,075*	0,125	0,128	0,122	0,125
brauner Reis	N	40	40	1	1	10	10	29	29
	MW	0,081	0,081	0,078	0,078	0,080	0,080	0,081	0,081
	P95	0,204	0,204	n.b.	n.b.	0,195*	0,195*	0,212	0,212
Snack mit Reis (süß/salzig)	N	70	70	10	10	27	27	33	33
	MW	0,028	0,038	0,019	0,025	0,045	0,060	0,017	0,023
	P95	0,086	0,115	0,058*	0,078*	0,107	0,144	0,053	0,071
Milchreis	N	75	75	5	5	12	12	58	58
	MW	0,005	0,096	0,008	0,144	0,006	0,119	0,005	0,088
	P95	0,013	0,246	0,017*	0,312*	0,018*	0,321*	0,012	0,216
Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren	N	16	16	11	11	2	2	3	3
	MW	0,136	0,136	0,168	0,168	0,038	0,038	0,084	0,084
	P95	0,645*	0,645*	0,645*	0,645*	0,056*	0,056*	0,104*	0,104*

* aufgrund des Stichprobenumfangs in Richtung Maximum verzerrt

Die kurzfristige Aufnahme an Gesamt-Arsen ist in Tabelle 29 für die Altersgruppe der 0,5–<5-jährigen Kinder dargestellt. Die höchste mittlere Aufnahme von Gesamt-Arsen für Kinder erreicht die Gruppe der Verzehrer von braunem Reis mit 0,437 µg/kg KG/Tag.

Tabelle 29: Kurzfristige Aufnahmemenge in µg/kg KG/Tag (Basis: nur Verzehrer) entsprechend der VELS-Studie, lower bound (LB) und upper bound (UB)

		Altersgruppe							
		Gesamt 0,5–<5 Jahre		0,5–<1 Jahr		1–<2 Jahre		2–<5 Jahre	
		LB	UB	LB	UB	LB	UB	LB	UB
weißer Reis	N	189	189	11	11	45	45	133	133
	MW	0,258	0,265	0,283	0,291	0,308	0,317	0,239	0,246
	P95	0,577	0,593	0,435*	0,448	0,675	0,694	0,549	0,565
brauner Reis	N	40	40	1	1	10	10	29	29
	MW	0,437	0,437	0,466	0,466	0,459	0,459	0,428	0,428
	P95	1,057	1,057	n.b.	n.b.	1,173*	1,173*	0,942	0,942
Snack mit Reis (süß/salzig)	N	70	70	10	10	27	27	33	33
	MW	0,100	0,135	0,053	0,071	0,145	0,195	0,078	0,105
	P95	0,329	0,441	0,115*	0,154*	0,642	0,861	0,210	0,282
Milchreis	N	75	75	5	5	12	12	58	58
	MW	0,027	0,502	0,037	0,676	0,035	0,639	0,025	0,459
	P95	0,053	0,964	0,051*	0,935*	0,105*	1,928*	0,048	0,881
Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren	N	16	16	11	11	2	2	3	3
	MW	0,383	0,383	0,401	0,401	0,229	0,229	0,418	0,418
	P95	0,917*	0,917*	0,917*	0,917*	0,333*	0,333*	0,623*	0,623*

* aufgrund des Stichprobenumfangs in Richtung Maximum verzerrt

Schätzung der Aufnahme von anorganischem Arsen basierend auf der Expositionsschätzung für Gesamt-Arsen

Für die Schätzung der Aufnahme von anorganischem Arsen basierend auf der Expositionsschätzung für Gesamt-Arsen wurden aufgrund der Unsicherheit bezüglich des Anteils an anorganischem Arsen am Gesamt-Arsen bei den einzelnen reisbasierten Lebensmitteln analog zu EFSA (2009) drei Szenarien berechnet (EFSA 2009). Diese nachfolgend dargestellten Szenarien stellen die Exposition gegenüber anorganischem Arsen unter der Annahme eines Anteils von 100 %, 70 % und 50 % anorganischem Arsen an Gesamt-Arsen dar (Tabellen 30 bis 31). Im Sinne eines konservativen Ansatzes wurde diese Expositionsschätzung für Kinder im Alter von 0,5–<1 Jahr durchgeführt, da diese Altersgruppe entsprechend den bisherigen Ergebnissen dieser Stellungnahme im Mittel am höchsten gegenüber anorganischem Arsen durch den Verzehr von Reis-Gesamt exponiert ist.

Bei 0,5–<1-jährigen Kindern liegt je nach Szenario die langfristige Aufnahme von anorganischem Arsen aller Befragten im Mittel zwischen 0,014 und 0,028 µg/kg KG/Tag (LB) bzw. zwischen 0,018 und 0,036 µg/kg KG/Tag (UB). Bei Betrachtung der Verzehrer liegt die langfristige Aufnahme von anorganischem Arsen im Mittel zwischen 0,049 und 0,099 µg/kg KG/Tag (LB) bzw. zwischen 0,064 und 0,127 µg/kg KG/Tag (UB). Für eine Diskussion der auf Basis der Gehalte an Arsen-Gesamt ermittelten Aufnahmemengen an anorganischem Arsen wird auf den Punkt 3.3 Weitere Aspekte verwiesen.

Tabelle 30: Szenarien der langfristigen Aufnahme von anorganischem Arsen auf Basis der Gesamt-Arsen-Exposition (alle Befragten), µg/kg KG/Tag

		0,5–<1 jährige Kinder					
		LB			UB		
		Szenario 1 100 %	Szenario 2 70 %	Szenario 3 50 %	Szenario 1 100 %	Szenario 2 70 %	Szenario 3 50 %
Reis- Gesamt	N	95	95	95	95	95	95
	MW	0,028	0,020	0,014	0,036	0,025	0,018
	P95	0,126	0,088	0,063	0,228	0,160	0,114

Tabelle 31: Szenarien der langfristigen Aufnahme von anorganischem Arsen auf Basis der Gesamt-Arsen-Exposition (nur Verzehrer), µg/kg KG/Tag

		0,5–<1 jährige Kinder					
		LB			UB		
		Szenario 1 100 %	Szenario 2 70 %	Szenario 3 50 %	Szenario 1 100 %	Szenario 2 70 %	Szenario 3 50 %
Reis- Gesamt	N	27	27	27	27	27	27
	MW	0,099	0,069	0,049	0,127	0,089	0,064
	P95	0,377	0,264	0,189	0,393	0,275	0,197

3.1.4 Risikocharakterisierung

Die Gesamtaufnahme an anorganischem Arsen über Lebensmittel beträgt für Erwachsene in Europa nach der Expositionsschätzung der EFSA (2009) unter der Annahme mittlerer Verzehrsmengen 0,13 bis 0,56 µg/kg KG/Tag (Median, UB 0,43 µg/kg KG/Tag) und liegt damit im unteren Bereich der aus epidemiologischen Studien abgeleiteten **BMDL₀₁-Werte von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag**. Die Aufnahmemengen für anorganisches Arsen können bei Personen mit besonderen Verzehrsgewohnheiten (Verzehr von Algen und Algenprodukten oder besonders hoher Reisverzehr) zwei- bis zehnfach über dem Median liegen. Nach EFSA (2009) ist „kein oder nur ein geringer MOE vorhanden, weswegen ein Risiko für einige Verbraucher durch die Aufnahme von anorganischem Arsen über alle Lebensmittel nicht auszuschließen ist“.

Nach der aktuellen Expositionsschätzung der EFSA (2014) ist die Gesamtaufnahme an anorganischem Arsen über Lebensmittel geringer als entsprechend der früheren Stellungnahmen angenommen. Für Erwachsene bis 65 Jahre in Europa wurde mit **0,11 bis 0,38 µg/kg KG/Tag** (min LB bis max UB) bei mittleren Verzehrsmengen und **0,18 bis 0,64 µg/kg KG/Tag** (min LB bis max UB) bei hohen Verzehrsmengen (P 95) eine Expositionshöhe ermittelt, die am unteren Rand der aus epidemiologischen Studien abgeleiteten **BMDL₀₁-Werte von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag liegt**.

Die Stellungnahme der FAO/WHO (2011) beschreibt eine Exposition gegenüber anorganischem Arsen über Lebensmittel in den USA sowie verschiedenen europäischen und asiatischen Ländern von 0,1 bis 3,0 µg/kg KG/Tag, deren oberer Bereich ebenfalls die Höhe des hier abgeleiteten BMDL_{0,5} von 3 µg/kg KG/Tag für anorganisches Arsen erreicht.

Andere Expositionsquellen als Lebensmittel (Außenluft, Rauchen, direkte Aufnahme von Boden durch Kinder in Gebieten mit hohen Arsengehalten im Boden) haben in Europa nur einen geringen Anteil an der Gesamtexposition gegenüber anorganischem Arsen (EFSA 2009) und können in der Risikocharakterisierung vernachlässigt werden.

Die Risikocharakterisierung der vorliegenden gesundheitlichen Bewertung beruht auf der Modellierung der Exposition basierend auf Daten zu Gehalten an anorganischem Arsen in Reis und Reisprodukten des deutschen Marktes (u.a. LGL 2012) und Daten zum Verzehrverhalten der Bevölkerung in Deutschland aus Verzehrstudien für Kinder (EsKiMo-Studie²⁷, VELS-Studie²⁸) und Erwachsene (NVS II²⁹).

Für die **möglichen kanzerogenen Wirkungen** von anorganischem Arsen bei langfristiger Exposition kann bisher kein Wert für eine sichere Aufnahmemenge im Sinne einer lebenslang tolerierbaren täglichen Aufnahmemenge (TDI) abgeleitet werden (EFSA 2009). Die Risikocharakterisierung basiert deshalb auf dem Margin-of-Exposure-Konzept (MOE-Konzept³⁰). Die ermittelte geschätzte Aufnahmemenge von anorganischem Arsen über Reis und Reisprodukte wird dabei in Beziehung zum **BMDL₀₁-Wertebereich von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag** (EFSA 2009) als toxikologischen Referenzwertebereich gesetzt. Wegen der damit verbundenen Unsicherheiten verwendet das BfR für die Risikocharakterisierung den unteren Wert dieses Bereiches, nämlich 0,3 µg/kg KG/Tag.

Für die Risikocharakterisierung von möglichen **nichtkanzerogenen** Effekten von anorganischem Arsen wurde als toxikologischer Grenzwert für **langfristige Exposition** ein Minimal-Risk-Level- (MRL-)³¹Wert **MRL_{chronisch} von 0,3 µg/kg KG/Tag** herangezogen und als toxikologischer Grenzwert für **kurzfristige Exposition** ein **MRL_{akut}-Wert von 5 µg/kg KG/Tag** (ATSDR 2007).

Langfristige Exposition

Reis und Reisprodukte („Reis-Gesamt“)

Berechnung von MOE-Werten

Für die Exposition von **Erwachsenen** gegenüber anorganischem Arsen durch den Verzehr von Reis und Reisprodukten errechnen sich bei Betrachtung **aller Befragten** basierend auf den BMDL₀₁-Werten von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag MOE-Werte von 37 bis 1.000 (mittlere Verzehrsmengen) bzw. 12 bis 320 (hohe Verzehrsmengen [P95]) (Tabelle 32).

In der Gruppe der **Verzehrer** liegt die im Rahmen der hier vorliegenden Stellungnahme ermittelte langfristige Exposition gegenüber anorganischem Arsen durch Verzehr von Reis und Reisprodukten für **Erwachsene** bei 0,009 (mittlere Verzehrsmengen) bis 0,027 µg/kg KG/Tag (P95 der Verzehrsmengen) (Tabelle 19). Daraus ergeben sich MOE-Werte von 11 bis 889³² (Tabelle 33).

Für **Kinder** ergeben sich geringere MOE-Werte (Tabelle 33), auf die im Folgenden eingegangen wird.

²⁷ Ernährungsstudie als KiGGS-Modul, KiGGS: Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (Mensink et al. 2007)

²⁸ Verzehrstudie zur Ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern für die Abschätzung eines akuten Toxizitätsrisikos durch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (Heseker et al. 2003, Banasiak et al. 2005)

²⁹ Nationale Verzehrstudie II (Max Rubner-Institut [MRI] 2008)

³⁰ MOE-Konzept, der Margin of Exposure (MOE) gibt als dimensionslose Zahl das Verhältnis zwischen einem definierten Punkt der Dosis-Wirkungskurve für einen adversen Effekt eines Stoffes und der modellierten Exposition für bestimmte Bevölkerungsgruppen an. Der MOE impliziert keine Aussagen über eine „sichere“ Aufnahmemenge im Sinne einer tolerierbaren täglichen Aufnahmemenge (Alexander et al. 2012).

³¹ Minimal Risk Level (MRL): Schätzwert einer täglichen Exposition gegenüber einem Stoff, die bei einer bestimmten Expositionsdauer wahrscheinlich kein nennenswertes Risiko für einen adversen gesundheitlichen Effekt für den Menschen (nichtkanzerogener Effekt) darstellt (ATSDR 2007).

³² Die MOE-Werte werden jeweils bezogen auf den von der EFSA (2009) abgeleiteten Wertebereich der BMDL₀₁-Werte von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag berechnet.

Bei Betrachtung der Exposition in Bezug auf den $BMDL_{01}$ -Wertebereich von 0,3 bis 8 $\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ für die Gruppe **aller Befragten** ergeben sich für Kinder im Alter von 1 bis 17 Jahren MOE-Werte von **12 bis 500** (mittlere Verzehrsmengen) bzw. **3 bis 143** (hohe Verzehrsmengen [P95]) (Tabelle 32).

Für Kinder der jüngsten der untersuchten Altersgruppe im Alter 0,5 bis 1 Jahr liegen die MOE-Werte im Bereich von **9 bis 235** (mittlere Verzehrsmengen) bzw. **2 bis 47** (hohe Verzehrsmengen [P95]).

Für die Gruppe der **Verzehrer** zeigt sich für Kinder im Alter von 1 bis 11 Jahren bei Modellierung der langfristigen Exposition gegenüber anorganischem Arsen durch Verzehr von Reis und Reisprodukten, dass deren mittlere Aufnahme (0,046–0,056 $\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$) etwa um den Faktor 5 höher ist als die der Erwachsenen (0,009 $\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$). Bei Kindern der untersuchten Altersgruppen bis 11 Jahre werden durch den Verzehr von Reis und Reisprodukten Aufnahmemengen an anorganischem Arsen erreicht, für die der untere Bereich der sich ergebenden MOE-Werte einstellig ist (Tabelle 33, Gruppe der Verzehrer, mittlerer und hoher Verzehr [P95]). Bei mittleren Verzehrsmengen liegen die MOE-Werte für diese Altersgruppen im Bereich von **5 bis 195**, bei hohen Verzehrsmengen (P95) im Bereich von **2 bis 76**.

Bei jüngeren Kinder (0,5 bis < 1 Jahr) kann die Aufnahme von anorganischem Arsen über Reis und Reisprodukte (0,113 $\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$) die entsprechenden Werte für Erwachsene um einen Faktor von 12 übersteigen. Für diese Altersgruppe werden auch bei Betrachtung der Gruppe der Verzehrer die niedrigsten MOE-Werte erreicht. Für diese Gruppe ergeben sich bei mittleren Verzehrsmengen MOE-Werte von **3 bis 71**. Bei hohen Verzehrsmengen (P95) liegt die Exposition im unteren Bereich der der $BMDL_{01}$ -Werte von 0,3 bis 8 $\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ (MOE-Werte **1 bis 22**).

Für Jugendliche im Alter von 12 bis 17 Jahren ist die Aufnahme um den Faktor 2 gegenüber Erwachsenen erhöht (0,019 $\mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$). Ähnliche Verhältnisse ergeben sich aus Vergleichen von Kindern zu Erwachsenen für die Exposition gegenüber anorganischem Arsen bei Verzehrsmengen in Höhe des 95. Perzentils.

Zusammengefasst liegen für Kinder ab einem Alter von 0,5 Jahren und Erwachsene die Aufnahmemengen an anorganischem Arsen durch Verzehr von Reis und Reisprodukten bei Betrachtung aller Befragten unterhalb des unteren Bereiches der $BMDL_{01}$ -Werte. Es ergeben sich vergleichsweise geringe MOE-Werte (MOE-Werte für Kinder bei mittleren Verzehrsmengen 9 bis 500, bei hohen Verzehrsmengen [P95] MOE-Werte 2 bis 143; für Erwachsene bei mittleren Verzehrsmengen [alle Befragten] MOE-Werte 37 bis 1.000, bei hohen Verzehrsmengen MOE-Werte 12 bis 320).

Bei Kindern im Alter von 0,5 bis <1 Jahr kann die Exposition gegenüber anorganischem Arsen durch Verzehr von Reis und Reisprodukten bei hohen Verzehrsmengen (P95) in der Gruppe der Verzehrer den unteren Bereich der $BMDL_{01}$ -Werte erreichen (MOE-Werte 1 bis 22).

Tabelle 32: MOE-Werte bei Betrachtung der Gruppe „alle Befragten“ für langfristige Exposition gegenüber anorganischem Arsen durch Verzehr von Reis und Reisprodukten bei mittleren und hohen (P95) Verzehrsmengen

Altersgruppe (Verzehrsstudie)	langfristige Exposition gegenüber anorganischem Arsen, µg/kg KG/Tag Basis: alle Befragten		MOE*	
	MW	P95	MW	P95
14 bis 80 Jahre (NVS II)	0,008	0,025	37–1.000	12–320
0,5 bis <5 Jahre (VELS)*	0,023	0,095	13–348	3–84
0,5 bis <1 Jahr	0,034	0,170	9–235	2–47
1 bis <2 Jahre	0,026	0,093	12–308	3–86
2 bis <5 Jahre	0,019	0,081	16–421	4–99
6 bis 11 Jahre (EsKiMo)	0,02	0,088	15–400	3–91
12 bis 17 Jahre (EsKiMo)	0,016	0,056	19–500	5–143

* Margin of Exposure: Die Exposition verschiedener Altersgruppen wird in Bezug zu dem BMDL₀₁-Wertebereich von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag (EFSA 2009) als toxikologischen Referenzwert gesetzt.

Tabelle 33: MOE-Werte bei Betrachtung der Gruppe der Verzehrer für langfristige Exposition gegenüber anorganischem Arsen durch Verzehr von Reis und Reisprodukten bei mittleren und hohen (P95) Verzehrsmengen

Altersgruppe (Verzehrsstudie)	langfristige Exposition gegenüber anorganischem Arsen, µg/kg KG/Tag Basis: Verzehrer		MOE*	
	MW	P95	MW	P95
14 bis 80 Jahre (NVS II)	0,009	0,027	33–889	11–296
0,5 bis <5 Jahre (VELS)*	0,051	0,131	6–157	2–61
0,5 bis <1 Jahr	0,113	0,364	3–71	1–22
1 bis <2 Jahre	0,056	0,140	5–143	2–57
2 bis <5 Jahre	0,041	0,105	7–195	3–76
6 bis 11 Jahre (EsKiMo)	0,046	0,135	7–174	2–59
12 bis 17 Jahre (EsKiMo)	0,019	0,059	16–421	5–136

* Margin of Exposure: Die Exposition verschiedener Altersgruppen wird in Bezug zu dem BMDL₀₁-Wertebereich von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag (EFSA 2009) als toxikologischen Referenzwert gesetzt.

Bewertung

Die niedrigen MOE-Werte zeigen, dass nur ein geringer Abstand zwischen der im Expositionsmodell geschätzten Aufnahmemenge von anorganischem Arsen durch Verzehr von Reis und Reisprodukten und den aus epidemiologischen Studien zum Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber anorganischem Arsen im Trinkwasser und adversen Effekten abgeleiteten toxikologischen Referenzwerten (0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag) besteht.

Aus den niedrigen MOE-Werten resultiert eine hohe Priorität zur Reduktion der Exposition von Verbrauchern aus allen Altersgruppen gegenüber anorganischem Arsen aus Reis und Reisprodukten

Ausschöpfung des $MRL_{\text{chronisch}}$ und Bewertung

Für die Bewertung möglicher **nichtkanzerogener Wirkungen** bei langfristiger Exposition gegenüber anorganischem Arsen wird der $MRL_{\text{chronisch}}$ von $0,3 \mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ (ATSDR 2007) herangezogen. Wie bereits in den vorhergehenden Abschnitten beschrieben, erreichen Erwachsene und Kinder ab einem Alter von einem Jahr nach dem Expositionsmodell für langfristige Aufnahme diesen Wert *nicht* durch den alleinigen Verzehr von Reis und Reisprodukten.

Nach dem Modell für langfristige Exposition sind gesundheitliche Beeinträchtigungen bezüglich nichtkanzerogener Effekte durch die Aufnahme von anorganischem Arsen für die hier betrachteten Bevölkerungsgruppen³³ allein aufgrund des Verzehrs von Reis und Reisprodukten in Übereinstimmung mit der Stellungnahme des LGL (2012) unwahrscheinlich.

Kinder im Alter von 0,5 bis 1 Jahr der Gruppe der Verzehrer können unter Annahme eines hohen Verzehrs (P95) basierend auf Verzehrdaten der VELS-Studie durch den Verzehr von Reis und Reisprodukten eine Aufnahmemenge von $0,364 \mu\text{g}$ anorganisches Arsen/kg KG/Tag erreichen (Tabelle 33). Dieses Ergebnis kann nicht auf die Allgemeinbevölkerung übertragen werden.

Nach dem Expositionsmodell der EFSA (2014) liegt bei Kindern von einem bis unter drei Jahren die langfristige Aufnahme an anorganischem Arsen über alle Lebensmittel bei $0,39$ bis $1,00 \mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ (mittlere Verzehrsmengen, Median der Exposition, LB-UB, Tabelle 24 in EFSA 2014) und übersteigt damit den $MRL_{\text{chronisch}}$ von $0,3 \mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{Tag}$ für die chronische Exposition. Die vorliegende Expositionsschätzung zeigt, dass ein nennenswerter Anteil dieser Exposition allein aus dem Verzehr von Reis und Reisprodukten resultieren kann³⁴.

Nach EFSA (2009) besteht für Kinder, trotz der höheren Exposition im Vergleich zu Erwachsenen, nicht notwendigerweise ein höheres gesundheitliches Risiko, soweit es sich um averse Effekte handelt, die auf einer langfristigen Exposition beruhen.

Epidemiologische Studien zeigen gesundheitliche Beeinträchtigungen nach langfristiger Aufnahme von Trinkwasser mit hohen Gehalten an anorganischem Arsen. Zum Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Beeinträchtigungen und der Aufnahme von anorganischem Arsen über andere Lebensmittel als Trinkwasser liegen nur wenige Untersuchungen vor (z.B. Melkonian et al. 2013; Liao et al. 2008). Für die Aufnahme von anorganischem Arsen beim Verzehr von Reis wurde in einer epidemiologischen Studie in Bangladesh ein Zusammenhang zu gesundheitlichen Effekten (Hautläsionen) bei Personen mit geringer Exposition gegenüber anorganischem Arsen mit dem Trinkwasser ($<100 \mu\text{g}/\text{L}$) festgestellt (Melkonian et al. 2013). Die mittlere Verzehrsmenge an Reis lag in dieser Studie bei $1.628 \text{ g}/\text{Tag}$. Für Deutschland ist bisher kein Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Beeinträchtigungen und der Aufnahme von anorganischem Arsen beim Verzehr von Reis bekannt geworden.

³³ Kinder und Erwachsene, die aus medizinischen Gründen auf eine glutenfreie Diät angewiesen sind, konnten im Expositionsmodell nicht berücksichtigt werden.

³⁴ Als ein „nennenswerter Anteil“ der Ausschöpfung des $MRL_{\text{chronisch}}$ wird eine Ausschöpfung zu mind. $1/10$ durch den Verzehrer von Reis und Reisprodukten bezeichnet, der von den folgenden Verbrauchergruppen erreicht wird: Erwachsene und Jugendliche (12–17 Jahre) bei hohem Verzehr (P95) (Verzehrer); Jugendliche (12–17) Jahre bei hohem Verzehr auch in der Gruppe aller Befragten; Kinder (6–11 Jahre) und kleine Kinder (0,5 bis <5) bei hohem Verzehr (P95) (alle Befragten) bzw. bei mittlerem Verzehr (Verzehrer).

Reisprodukte allein

Die Gehalte an anorganischem Arsen in einigen Reisprodukten, z.B. Reiswaffeln (Mittelwert 0,260 mg/kg, P95 425 mg/kg), können deutlich über den Gehalten in Reiskörnern (Mittelwert 0,104 mg/kg, P95 207 mg/kg) liegen.

Allein bei separater Betrachtung der Exposition gegenüber anorganischem Arsen durch Verzehr bestimmter Reisprodukte ergeben sich für anorganisches Arsen bereits nennenswerte bis hohe Aufnahmemengen.

Berechnung von MOE Werten

Ein langfristiger hoher Verzehr (P95) allein von **Reissnacks** kann bei **Erwachsenen in der Gruppe der Verzehrer** zu einer Aufnahme von anorganischem Arsen führen, die mit 0,084 µg/kg KG/Tag (Tabelle 19, 34) mehr als ein Zehntel der unteren Grenze der BMDL₀₁-Werte beträgt (**MOE-Werte 4–95**, Tabelle 34). Erwachsene der Gruppe der Verzehrer von Snacks mit Reis nehmen allein über diese Lebensmittel nach dem vorliegenden Expositionsmodell im Mittel mehr anorganisches Arsen auf (0,016 µg/kg KG/Tag) als der Durchschnitt der Bevölkerung durch den Verzehr von Reis (0,009 µg/kg KG/Tag, alle Befragten). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Lebensmittel der Gruppe „Snacks mit Reis“ nur von einem kleinen Prozentsatz der befragten Studienpopulation verzehrt wurden (<1 %).

Verzehrer von **Reiswaffeln** nehmen allein über dieses Reisprodukt verglichen mit der Gesamtaufnahme an anorganischem Arsen bei allen Befragten das Vierfache an anorganischem Arsen auf (bei mittleren Verzehrsmengen [9,7 g/d entsprechend ca. einer Reiswaffel pro Tag] 0,04 µg anorganisches Arsen/kg KG/Tag; bei hohen Verzehrsmengen [P95] [30 g/Tag entsprechend ca. 4 Reiswaffeln pro Tag] 0,125 µg anorganisches Arsen/kg KG/Tag, Tabelle 19, 34). Es ergeben sich für Verzehrer von Reiswaffeln MOE-Werte von **8 bis 200** bei mittleren Verzehrsmengen und **2 bis 64** bei hohen Verzehrsmengen (P95) (Tabelle 34). Auch für die Interpretation dieser Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass Reiswaffeln nur von einem geringen Prozentsatz der untersuchten Studienpopulation verzehrt wurden (1,5 %).

Die Aufnahme von anorganischem Arsen durch den Verzehr von **Reismehl und Reisstärke** fällt bei der erwachsenen Bevölkerung dahingegen auch bei Verzehrer dieser Lebensmittel weniger ins Gewicht (MOE-Werte bei mittleren Verzehrsmengen 300 bis 8.000, bei hohen Verzehrsmengen [P95] 150 bis 4.000).

Tabelle 34: MOE-Werte bei Betrachtung der Gruppe der Verzehrer für langfristige Exposition Erwachsener gegenüber anorganischem Arsen durch Verzehr von bestimmten Reisprodukten bei mittleren und hohen (P95) Verzehrsmengen

Reisprodukt	langfristige Exposition gegenüber anorganischem Arsen, µg/kg KG/Tag Basis: Verzehrer		MOE*	
	MW	P95	MW	P95
Snack mit Reis (süß/salzig)	0,016	0,084	19– 500	4– 95
Reiswaffeln	0,040	0,125	8– 200	2– 64
Reismehl, Reisstärke	0,001	0,002	300–8000	150–4000

* Margin of Exposure: Die Exposition verschiedener Altersgruppen wird in Bezug zu dem BMDL₀₁-Wertebereich von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag (EFSA 2009) als toxikologischen Referenzwert gesetzt.

In die Expositionsschätzung für **Kinder und Jugendliche** gingen die Produkte Snack mit Reis, Reiswaffeln, Reismehl und Reisstärke (bei Kindern und Jugendlichen von 6 bis 17 Jahren), Milchreis (bei Kindern von 0,5 bis <5 Jahren) und Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren (bei Kindern von 0,5 bis <5 Jahren) ein.

Für die Produktgruppe **Snacks mit Reis** erreichen Kinder im Alter von 1 bis <2 Jahren die höchste auf das Körpergewicht bezogene Aufnahmemenge von anorganischem Arsen (0,032 µg/kg KG/Tag bei mittleren Verzehrsmengen; 0,078 µg/kg KG/Tag bei hohen Verzehrsmengen [P95] in der Gruppe der Verzehrer). Bezogen auf die BMDL₀₁-Werte von 0,3 bis 8 µg/kg KG/Tag entspricht das MOE Werten von **9 bis 250** (mittlere Verzehrsmengen) und **4 bis 103** (hohe Verzehrsmengen, P95). Bei Betrachtung aller Befragter ergeben sich für die Produktgruppe „Snacks mit Reis“ für Kinder aller untersuchter Altersgruppen und Verzehrsmengen MOE-Werte im Bereich von 20–8.000.

Auch für die Exposition gegenüber anorganischem Arsen durch Verzehr von **Reismehl und Reisstärke** errechnen sich bei Betrachtung hoher Verzehrsmengen für Kinder (P95, 0,018 µg/kg KG/Tag bei 6–11-jährigen Kindern und 0,011 µg/kg KG/Tag bei 12–17-jährigen Jugendlichen, Basis: nur Verzehrer) niedrige MOE-Werte (**17 bis 727**). Für jüngere Kinder lagen für dieses Reisprodukt keine Verzehrdaten vor.

Der Verzehr von **Milchreis** kann bei Kindern im Alter von 0,5 bis <5 Jahren ebenfalls in nennenswertem Maße zur Exposition gegenüber anorganischem Arsen beitragen. Kinder im Alter von 0,5 bis <1 Jahr erreichen bei Verzehr von Milchreis Aufnahmemengen, die bei mittlerem Verzehr (0,063 µg/kg KG/Tag, Basis: Verzehrer) MOE-Werten von **5 bis 127** und bei hohem Verzehr (P95, 0,136 µg/kg KG/Tag, Basis: Verzehrer) MOE-Werten von **2 bis 59** entsprechen. Bei Betrachtung aller Befragten ergeben sich für Milchreis für Kinder aller untersuchten Altersgruppen und Verzehrsmengen MOE-Werte im Bereich von **8 bis 2.000**.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse für hohe Verzehrsmengen (P95) wegen des geringen Stichprobenumfangs bei Betrachtung der Verzehrer in Richtung des Maximums verzerrt sind. Außerdem erfolgte die Expositionsschätzung für Milchreis basierend auf Annahmen für den Gehalt an anorganischem Arsen in Höhe der Nachweisgrenze, da keine Gehalte über der Nachweisgrenze berichtet wurden.

Die höchsten Aufnahmemengen an anorganischem Arsen durch den Verzehr von Reisprodukten resultieren für Kinder aus dem Verzehr von **Reiswaffeln und Säuglingsnahrung zum Anrühren**.

Bei mittleren Verzehrsmengen (4 g/Tag, entspricht etwa einer halben Reiswaffel pro Tag oder 0,424 g/kg KG/Tag, Basis: Verzehrer) sind wiederum Kinder im Alter von 0,5 bis <1 Jahr bezogen auf das Körpergewicht am stärksten gegenüber anorganischem Arsen exponiert (0,11 µg/kg KG/Tag entsprechend MOE-Werten von 3 bis 73). Bei Betrachtung eines hohen Verzehrs von Reiswaffeln (16,7 g Reiswaffel/Tag, entspricht etwa zwei Reiswaffeln pro Tag; Basis: Verzehrer) kann ein Kind im Alter von 6 bis 11 Jahren (0,181 µg anorganisches Arsen/kg KG/Tag, Basis: Verzehrer) oder im Alter von 0,5 bis <1 Jahr (0,14, µg/kg KG/Tag) bezogen auf das Körpergewicht am meisten anorganisches Arsen durch Verzehr von Reiswaffeln aufnehmen, entsprechend MOE-Werten von 2 bis 57.

Bei Betrachtung aller Befragten ergeben sich für Reiswaffeln für Kinder aller untersuchter Altersgruppen und Verzehrsmengen MOE-Werte im Bereich von 4–8.000.

Aufgrund der geringen Anzahl an Kindern in der untersuchten Studienpopulation, die Reiswaffeln verzehrt haben, sind diese Ergebnisse mit Unsicherheiten behaftet. Außerdem ist bei der Interpretation der Ergebnisse für hohe Verzehrsmengen (P95) von Reiswaffeln auch bei diesen Altersgruppen zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse wegen des geringen Stichprobenumfangs bei Betrachtung der Verzehrer in Richtung des Maximums verzerrt sind.

Bei der Risikocharakterisierung für **Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren** wird lediglich die Altersgruppe der 0,5- bis <1-jährigen Kinder berücksichtigt, da in den übrigen Altersgruppen der Anteil der Verzehrer an der befragten Studienpopulation zu gering war. Auch für die Gruppe der 0,5- bis <1-jährigen Kinder sind die Ergebnisse für hohe Verzehrsmengen (P95) von Säuglingsnahrung auf Reisbasis wegen des geringen Stichprobenumfangs bei Betrachtung der Verzehrer in Richtung des Maximums verzerrt. Bei Betrachtung der Gruppe aller Befragter ergeben sich für die Altersgruppe der 0,5- bis <1-Jährigen bei mittleren Verzehrsmengen MOE-Werte von 16 bis 421 (0,019 µg anorganisches Arsen/kg KG/Tag) und bei hohen Verzehrsmengen (0,118 µg/kg KG/Tag) MOE-Werte von 3 bis 68. In der Gruppe der Verzehrer ergeben sich bei mittleren Verzehrsmengen MOE Werte von 2 bis 48 (0,168 µg anorganisches Arsen/kg KG/Tag) und bei hohen Verzehrsmengen MOE-Werte von 0,5 bis 12 (0,645 µg anorganisches Arsen/kg KG/Tag).

Ausschöpfung des $MRL_{\text{chronisch}}$

Ein **hoher Anteil** des $MRL_{\text{chronisch}}$ (mindestens 1/3) wird bei folgenden Bevölkerungsgruppen allein durch den Verzehr von Reisprodukten ausgeschöpft:

- bei Betrachtung der jeweiligen Gruppen der *Verzehrer*
 - bei Erwachsenen und Kindern im Alter von 6–11 Jahren durch hohen Verzehr (P95) von Reiswaffeln (Unsicherheit: Bei dieser Altersgruppe ist das Ergebnis aufgrund des geringen Stichprobenumfangs in Richtung Maximum verzerrt)
 - bei Kindern im Alter von 0,5–<5 Jahren durch hohen Verzehr (P95) von Reiswaffeln oder Milchreis (Unsicherheit: Ergebnisse aufgrund des geringen Stichprobenumfangs in Richtung Maximum verzerrt) sowie mittleren Verzehr von Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren (Unsicherheit: Dieses Produkt wurde in der Altersgruppe nur von 2 % der Studienpopulation verzehrt)
 - bei Kindern im Alter von 0,5–<1 Jahr bei mittleren Verzehrsmengen an Reiswaffeln (Unsicherheit: nur fünf Verzehrer von Reiswaffeln in dieser Altersgruppe in der Studienpopulation)

Ein **nennenswerter Anteil** des $MRL_{\text{chronisch}}$ (mindestens 1/10) wird bei folgenden Bevölkerungsgruppen allein durch den Verzehr von Reisprodukten ausgeschöpft:

- bei Betrachtung der jeweiligen Gruppen der *Verzehrer*
 - bei Erwachsenen und bei Kindern (6–11 Jahre) durch hohen Verzehr (P95) von „Snacks mit Reis“
 - bei Jugendlichen (12–17 Jahre) durch hohen Verzehr (P95) von Reiswaffeln
 - bei Kindern (6–11 Jahre) durch mittleren Verzehr von Reiswaffeln
 - bei kleinen Kindern (0,5–<5 Jahre) durch mittleren Verzehr von Reiswaffeln, Milchreis oder hohen Verzehr (P95) von „Snacks mit Reis“

- bei Betrachtung der Gruppe „*alle Befragten*“
 - bei Kindern von 0,5–<1 Jahr durch hohen Verzehr (P95) von Reiswaffeln und Säuglingsnahrung auf Reisbasis zum Anrühren
 - in der Gruppe der 1–<2-jährigen Kinder und der 2–<5-jährigen Kinder durch hohen Verzehr von Milchreis

Bewertung

Bezüglich der nichtkanzerogenen Eigenschaften von anorganischem Arsen ist eine gesundheitliche Beeinträchtigung allein aufgrund des Verzehrs von einzelnen Reisprodukten demnach unwahrscheinlich. Kinder im Alter von 0,5 bis < 1 Jahr erreichen nach dem Expositionsmodell bei hohen Verzehrsmengen von Säuglingsnahrung auf Reisbasis den $MRL_{\text{chronisch}}$ für anorganisches Arsen (Basis: Verzehrer). Wegen des geringen Stichprobenumfangs ist diese Aussage mit Unsicherheiten behaftet. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Aufnahmemengen an anorganischem Arsen bei dieser Altersgruppe entsprechend eines Szenarios für Säuglinge, die mit reisbasierter Säuglingsnahrung ernährt werden, noch deutlich darüber liegen können (1,96 µg anorganisches Arsen/kg KG/Tag für einen 6 Monate alten Säugling bei Konsum von drei Portionen reisbasierter Säuglingsnahrung pro Tag laut EFSA 2014).

Für einzelne Bevölkerungsgruppen ergeben sich vergleichsweise niedrige MOE-Werte bei Betrachtung der Aufnahmemengen an anorganischem Arsen, die allein aus dem langfristigen Verzehr von bestimmten Reisprodukten resultieren. Für die kanzerogene Wirkung von anorganischem Arsen ist aus den unter 3.1.2 beschriebenen Gründen keine sichere Aufnahmemenge im Sinne eines TDI ableitbar, die nicht mit einer Erhöhung des Krebsrisikos in Verbindung stehen kann. Gesundheitliche Risiken bezüglich kanzerogener Effekte durch die Aufnahme von anorganischem Arsen aufgrund des Verzehrs von Reis und Reisprodukten sind daher möglich. Aus den niedrigen MOE-Werten für einzelne Bevölkerungsgruppen folgt eine hohe Priorität zur Reduktion der Exposition insbesondere dieser Bevölkerungsgruppen gegenüber anorganischem Arsen aus Reisprodukten.

Für Reisprodukte ist der Anteil der Verzehrer in der Bevölkerung sowohl für Kinder als auch für Erwachsene gering. Für die Expositionsszenarien für Reisprodukte wurden daher auch Verzehrdaten der Bevölkerungsgruppen der Verzehrer zugrunde gelegt. Nach den vorliegenden Verzehrdaten gelten die Expositionsschätzungen für Reisprodukte damit zum Teil nur für einen geringen Anteil an Verzehrer in der Bevölkerung. Die entsprechenden Schlussfolgerungen dürfen daher nicht auf die Allgemeinbevölkerung bezogen werden.

Insbesondere das aktuelle Verzehrverhalten der Bevölkerung für Reiswaffeln wird durch die Verzehrdaten möglicherweise unterschätzt.³⁵ Da die Expositionsschätzung auch basierend auf der Betrachtung der „Verzehrer“ durchgeführt wurde, wirkt sich diese mögliche Unterschätzung, soweit sie nur den Anteil der Verzehrer in der Bevölkerung und nicht die Aufnahmemenge betrifft, nicht auf die vorliegende Bewertung aus. Dennoch empfiehlt das BfR eine Aktualisierung der Verzehrdaten insbesondere zu Reiswaffeln.

Kurzfristige Exposition

Die auf Basis der 24h-Recall-Protokolle der NVS II für **Erwachsene** (Basis: nur Verzehrer) geschätzte kurzfristige Exposition gegenüber anorganischem Arsen durch Verzehr von Reiskörnern (Tabelle 20) liegt mit 0,123 µg/kg KG/Tag bei hohen Verzehrsmengen (P95) unter dem toxikologischen Grenzwert für die kurzfristige Exposition gegenüber anorganischem Arsen (MRL_{akut} 5 µg/kg KG/Tag [ATSDR 2007]). Das Gleiche gilt für die auf Basis der Verzehrdaten der VELS-Studie geschätzten kurzfristigen Aufnahmemengen an anorganischem Arsen für **Kinder** im Alter von 0,5–<5 Jahren (Basis: nur Verzehrer) (hohe Verzehrsmengen [P95] 0,441 µg/kg KG/Tag; Tabelle 24).

Gesundheitliche Beeinträchtigungen durch die Aufnahme von anorganischem Arsen aufgrund eines kurzfristigen hohen Verzehrs allein von Reis und Reisprodukten sind nach dem vorliegenden Expositionsmodell daher unwahrscheinlich.

Allerdings können Kinder bei separater Betrachtung einzelner Altersgruppen nach dem Modell für kurzfristige Exposition durch kurzfristigen hohen Verzehr von Reis oder den alleinigen kurzfristigen hohen Verzehr (P95) von bestimmten Reisprodukten den MRL_{akut} von 5 µg/kg KG/Tag zu einem vergleichsweise hohen Prozentsatz ausschöpfen.

So beträgt die Exposition für Kinder im Alter von 1 bis < 2 Jahren bei kurzfristigem hohem Verzehr von Reiskörnern 0,549 µg/kg KG/Tag (Basis: nur Verzehrer) und schöpft damit 11 % des MRL_{akut} aus. Kurzfristiger hoher alleiniger Verzehr von Reiswaffeln kann zu einer Ausschöpfung des MRL_{akut} zu einem Zehntel bei Kindern im Alter von 0,5 bis <5 Jahren führen (0,53 µg/kg KG/Tag) und der Verzehr von Milchreis bei Kindern im Alter von 1 bis <2 Jahren zu knapp einem Fünftel (0,842 µg/kg KG/Tag).

Dennoch ist selbst im Falle des Verzehrs mehrerer der untersuchten Produkte für die betrachteten Altersgruppen keine Überschreitung des MRL_{akut} zu erwarten.

Unsicherheiten

In die Expositionsschätzung ging nur eine vergleichsweise geringe Zahl von Reisprodukten ein, da nur für diese verwendbare Daten zu Gehalten und Verzehrsmengen vorlagen. So konnten zum Beispiel Reisgetränke (Reismilch) und Fertiggerichte mit Reis, auch für Kinder

³⁵ Angesichts der großen Zahl der heutzutage erhältlichen Produkte (vgl. ÖKO-TEST 06/2012) ist möglich, dass der aktuelle Anteil der Verzehrer von Reiswaffeln in der Bevölkerung in den Verzehrstudien unterrepräsentiert ist und möglicherweise auch die Verzehrsmenge in den letzten Jahren zugenommen hat.

(Gläschennahrung), nicht einbezogen werden. Eine weitere Unsicherheit besteht darin, dass in den Verzehrerhebungen nicht unbedingt miterfasst wird, ob ein Lebensmittel (z.B. Säuglingsnahrung, Getreidebrei) Reis enthält. Der Verzehr reishaltiger Produkte wird dadurch in der Expositionsschätzung möglicherweise unterschätzt. Insbesondere das aktuelle Verzehrverhalten der Bevölkerung für Reiswaffeln wird durch die Verzehrsdaten möglicherweise nicht repräsentiert. Angesichts der großen Zahl der heutzutage erhältlichen Produkte (vgl. ÖKO-TEST 06/2012) ist es möglich, dass der aktuelle Anteil der Verzehrer von Reiswaffeln in der Bevölkerung in den Verzehrsstudien unterrepräsentiert ist und möglicherweise auch die Verzehrsmenge in den letzten Jahren zugenommen hat.

In Abhängigkeit von den Arsengehalten in dem zur Zubereitung des Reises verwendeten Wasser können die Arsengehalte im gekochten Reis höher oder niedriger sein als im rohen Reis. In Deutschland ist überwiegend mit niedrigen Arsengehalten im Trinkwasser zu rechnen. Daher ist aufgrund dieser Unsicherheit eher von einer Überschätzung der Exposition gegenüber anorganischem Arsen durch Reisverzehr auszugehen als von einer Unterschätzung. Dies konnte in der vorliegenden Expositionsschätzung nicht berücksichtigt werden. Das BfR plant die Durchführung einer Total-Diet-Studie (TDS), bei der auch die Untersuchung von Gehalten an anorganischem Arsen in zubereiteten Lebensmitteln beantragt wurde. Da hier Gehaltsmessungen in zubereiteten Lebensmitteln erfolgen, können die Ergebnisse einer TDS die beschriebenen Unsicherheiten vermindern.

Personen, bei denen aufgrund der medizinischen Notwendigkeit einer glutenfreien Ernährung von besonders hohen Verzehrsmengen an Reis und Reisprodukten auszugehen ist, sind in der vorliegenden Expositionsschätzung nicht eingeschlossen.

Eine weitere Unsicherheit besteht darin, dass organische Arsenverbindungen in der zur Risikocharakterisierung herangezogenen Expositionsschätzung nicht berücksichtigt sind. Nach einem aktuellen Bericht der U.S. Food and Drug Administration (FDA) (2012)³⁶ zu Arsengehalten in Reis und Reisprodukten wurden in den knapp 200 untersuchten Proben anorganisches Arsen und Dimethylarsinat (DMA) in unterschiedlichen Mengenverhältnissen sowie Spuren an MA (Methylarsonat) detektiert. Das BfR empfiehlt, in Reis und Reisprodukten nicht nur Gehalte an anorganischem Arsen, sondern auch Gehalte an organischen Arsenverbindungen zu analysieren.

3.2 Handlungsrahmen

Aus den niedrigen MOE-Werten bezüglich möglicher kanzerogener Wirkungen von anorganischem Arsen bei langfristiger Aufnahme resultiert eine hohe Priorität zur Reduktion der Exposition von Verbrauchern aus allen Altersgruppen. Insbesondere sind die geringen MOE-Werte zu beachten, die sich bei alleiniger Betrachtung der Exposition gegenüber einzelnen Reisprodukten für bestimmte Bevölkerungsgruppen ergeben. Das BfR empfiehlt daher, Möglichkeiten zur Reduktion der Exposition gegenüber anorganischem Arsen durch Verzehr von Reis und Reisprodukten zu prüfen und die Ursachen für die vergleichsweise hohen Gehalte an anorganischem Arsen in einzelnen Reisprodukten, insbesondere Reiswaffeln, zu untersuchen. Auch in der Stellungnahme der EFSA (2014) wird auf die außergewöhnlich hohen Gehalte an anorganischem Arsen in Reiswaffeln hingewiesen (Tabelle 7). Es ist unklar, ob diese Gehalte z.B. auf höhere Gehalte im für die Herstellung der Reisprodukte verwendeten Ausgangsmaterial, auf bestimmte Herstellungsprozesse oder andere Gründe zurückzuführen sind. Das BfR empfiehlt, dabei nicht nur Gehalte an anorganischem Arsen, sondern auch

³⁶ FDA releases preliminary data on arsenic levels in rice and rice products, Bericht vom 19.09.2012, <http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm319972.htm>

Gesamt-Arsen bzw. Gehalte an organischen Arsenverbindungen zu analysieren. Außerdem wird in der Stellungnahme der EFSA (2014) darauf hingewiesen, dass Säuglinge, die mit reisbasierter Säuglingsnahrung ernährt werden, 1,96 µg anorganisches Arsen/kg KG/Tag über dieses Lebensmittel aufnehmen können.

Auf Antrag des BfR werden Gehalte an anorganischem Arsen und Gesamt-Arsen in Reiswafeln und reisbasierter Babynahrung im Rahmen des Lebensmittel-Monitorings von Bund und Ländern im Projekt 7 „Gesamt-Arsen und anorganisches Arsen in Reis und in bestimmten Reisprodukten“ (Projekt-Monitoring 2014) untersucht.

3.3 Weitere Aspekte

Parallel zu der Expositionsschätzung basierend auf den Gehalten an anorganischem Arsen in Reis und Reisprodukten wurde eine Expositionsschätzung basierend auf den übermittelten Daten der Lebensmittelüberwachung der Jahre 2000 bis 2012 zu Gehalten an Gesamt-Arsen in Reis und Reisprodukten durchgeführt. Diese Expositionsschätzung schließt ein Szenario ein, das von einem Anteil des anorganischen Arsens am Gesamt-Arsen von 100 % ausgeht. Dadurch wird sämtliches in einem Lebensmittel analysierte Arsen, einschließlich organischer Arsenverbindungen, bei der Bewertung berücksichtigt. Darin kann eine Überschätzung der Exposition gegenüber anorganischem Arsen liegen. Die größere Probenzahl erlaubt bei dieser Expositionsschätzung andererseits eine separate Auswertung von weißem Reis und braunem Reis.

Für weißen Reis liegt der Mittelwert (0,14 mg/kg) für Gesamt-Arsen zwischen Mittelwert (0,10 mg/kg) und 95. Perzentil (0,21 mg/kg) für anorganisches Arsen in Reiskörnern. Für braunen Reis liegt der Mittelwert der Gehalte an Gesamt-Arsen (0,22 mg/kg) im Bereich des 95. Perzentsils der Gehalte an anorganischem Arsen (0,20 mg/kg). Für „Snacks mit Reis“ liegt der Mittelwert der Gehalte für Gesamt-Arsen (0,07–0,1 mg/kg) im Bereich des Mittelwertes (0,05 mg/kg) und des 95. Perzentsils (0,12) der Gehalte für anorganisches Arsen, für Getreidebrei liegt der Mittelwert der Gehalte für Gesamt-Arsen (LB-UB 0,05–0,07 mg/kg) unter dem Mittelwert für anorganisches Arsen (0,12 mg/kg). Nur für Milchreis sind die Mittelwerte der Gehalte an Gesamt-Arsen (UB 0,04 mg/kg) höher als das 95. Perzentil der Gehalte an anorganischem Arsen (0,02 mg/kg).

Dementsprechend ergibt auch die Expositionsschätzung für Gesamt-Arsen Aufnahmemengen im ähnlichen Bereich wie die Expositionsschätzung auf Basis der Gehalte an anorganischem Arsen. Entsprechend der Vorgehensweise der EFSA (2009) wurde exemplarisch für Kinder im Alter von 1–<2 Jahren eine Expositionsschätzung für die langfristige Aufnahme an anorganischem Arsen durch Verzehr von Reis und Reisprodukten basierend auf Szenarien für den Anteil an anorganischem Arsen von 50, 70 und 100 % durchgeführt³⁷. Diese liefert Mittelwerte für die Aufnahmemenge an anorganischem Arsen von 0,014 bis 0,041 µg/kg KG/Tag und stimmt damit gut mit dem Mittelwert der auf Basis der gemessenen Gehalte an anorganischem Arsen ermittelten Expositionsschätzung von 0,026 µg/kg KG/Tag für dieselbe Altersgruppe überein.

³⁷ alle Befragten

Weitere Informationen auf der BfR-Website zum Thema

EU-Höchstgehalte für anorganisches Arsen in Reis und Reisprodukten durch Verzehrsempfehlungen zum Schutz von Säuglingen, Kleinkindern und Kindern ergänzen
Stellungnahme Nr. 017/2015 des BfR vom 6. Februar 2014

<http://www.bfr.bund.de/cm/343/eu-hoehchstgehalte-fuer-anorganisches-arsen-in-reis-und-reisprodukten-durch-verzehrsempfehlungen-zum-schutz-von-saeuglingen-kleinkindern-und-kindern-ergaenzen.pdf>

Fragen und Antworten zu Arsengehalten in Reis und Reisprodukten
FAQ des BfR vom 11. Juni 2015

<http://www.bfr.bund.de/cm/343/fragen-und-antworten-zu-arsengehalten-in-reis-und-reisprodukten.pdf>

4 Referenzen

Alexander J, Benford D, Boobis A, Eskola M, Fink-Gremmels J, Fürst P, Heppner C, Schlatter J, van Leeuwen R (2012) Risk assessment of contaminants in food and feed. *EFSA Journal* 10 (10), 1004. Online erhältlich unter <http://www.efsa.europa.eu/efsajournal> (letzter Aufruf 07.01.2013)

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2007) Toxicological profile for arsenic. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Atlanta, GA

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. *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz*, 1: 48: 84–98

Bogdan K, Schenk MK (2009) Evaluation of soil characteristics potentially affecting arsenic concentration in paddy rice (*Oryza sativa* L.). *Environ Pollution*, 157: 2617–2621

Chen CL (2010) Ingested arsenic, characteristics of well water consumption and risk of different histological types of lung cancer in northeastern Taiwan. *Environmental Research*, 110 (5): 455–462

D'Amato M, Forte G, Caroli S (2004) Identification and quantification of major species of arsenic in rice. *AOAC*, 87 (1): 238–243

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) (2009) Scientific opinion on arsenic in food. *EFSA Journal*, 7 (10): 1351. [199 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2009.1351. Online erhältlich unter: <http://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/doc/1351.pdf> (letzter Aufruf 19.09.2012)

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) (2014) Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. *EFSA Journal*, 12 (3): 3597. [68 pp.]. doi: 10.2903/j.efsa.2014.3597. Online erhältlich unter: <http://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/doc/3597.pdf> (letzter Aufruf 03.06.2014)

FAOSTAT Food and Agriculture Organization of the United Nations, Abfrage für Produktionsmengen im Jahr 2010. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (letzter Aufruf 25.09.2012)

- Ferreccio C, González C, Milosavjilevic V, Marshall G, Sancha AM, Smith AH (2000) Lung cancer and arsenic concentrations in drinking water in Chile. *Epidemiology*, 11 (6): 673–679
- Heseker H, Oeppining A, Vohmann C (2003) Verzehrsstudie zur Ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern für die Abschätzung eines akuten Toxizitätsrisikos durch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (VELS). Forschungsbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Universität Paderborn
- IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (2004) Some drinking-water disinfectants and contaminants, including arsenic. *Arsenic in Drinking Water*, 84. Online erhältlich unter: <http://monographs.iarc.fr/GGTSPU-argusgate01.bfr.bund.de-945-527885-YVZr6eOSsL2n5Orh-DAT/ENG/Monographs/vol84/mono84-6.pdf> (letzter Aufruf 15.11.2012)
- Jorhem L, Åstrand C, Sundström B, Baxter M, Stokes P, Lewis J, Grawé KP (2008) Elements in rice from the Swedish market: 1. Cadmium, lead and arsenic (total and inorganic). *Food Additives & Contaminants*, 25: 284–292
- Krems C, Bauch A, Götz A, Heuer T, Hild A, Möseneder J, Brombach C (2006) Methoden der Nationalen Verzehrsstudie II. *Ernährungs-Umschau*, 53, Heft 2
- Liao C-M, Shen H-H, Lin T-L, Chen S-C, Chen C-L, Hsu L-I, Chen C-J (2008) Arsenic cancer risk posed to human health from tilapia consumption in Taiwan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70: 27–37
- Marquardt H, Schäfer S (Hrsg) (2004) *Lehrbuch der Toxikologie*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 2. Auflage, ISBN 3-8047-1777-2
- Max Rubner-Institut (MRI) (2008) Nationale Verzehrsstudie II (NVS II), Ergebnisbericht 1, 2 <http://www.was-esse-ich.de/>
- Meharg AA, Sun G, Williams PN, Adomako E, Deacon C, Zhu YG, Feldmann J, Raab A (2008) Inorganic arsenic levels in baby rice are of concern. *Environmental Pollution*, 152 (3): 746–749
- Melkonian S, Argos M, Hall MN, Chen Y, Parvez F, Pierce B, Cao H, Aschebrook-Kilfoy B, Ahmed A, Islam T, Slarvcovich V, Gamble M, Haris PI, Graziano JH, Ahsan H (2013) Urinary and dietary analysis of 18,470 Bangladeshis reveal a correlation of rice consumption with arsenic exposure and toxicity. *PLOS ONE*, 8 (11): 1–10
- Mensink GBM, Heseker H, Richter A, Stahl A, Vohmann C (2007) Forschungsbericht. Ernährungsstudie als KiGGS-Modul (EsKiMo)
- Petrick JS, Ayala-Fierro F, Cullen WR, Carter DE, Aposhian HV (2000) Monomethylarsonous acid (MMAIII) is more toxic than arsenite in Chang human hepatocytes. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 163: 203–207
- Rahmann A, Vahter M, Smith AH, Nermell B, Yunus M, El Arifeen S, Persson LA, Ekstrom EC (2009) Arsenic exposure during pregnancy and size at birth: a prospective cohort study in Bangladesh. *American Journal of Epidemiology*, 169 (3): 304–312

Roy P, Orikasa T, Okadome H, Nakamura N, Shiina T (2011) Processing conditions, rice properties, health and environment. *Int J Environ Res Public Health*, 8 (6): 1957–1976

Sengupta MK, Hossain MA, Mukherjee A, Ahamed S, Das B, Nayak B, Pal A, Chakraborti D (2006) Arsenic burden of cooked rice: traditional and modern methods. *Food Chem Tox*, 44 (11): 1823–1829

Spanu A, Daga L, Orlandoni AM, Sanna G (2012) The role of irrigation techniques in arsenic bioaccumulation in rice (*Oryza sativa* L.). *Environ Sci Technol*, 46: 8333–8340

Ternes W, Täufel A, Tunger L, Zobel M (Hrsg) (2005) *Lebensmittel-Lexikon*, 4. Auflage 2005, ISBN 3-89947-165-2, B. Behr's Verlag GmbH & Co. KG, Hamburg

Torres-Escribano S, Leal M, Vélez D, Montoro R (2008) Total and inorganic arsenic concentrations in rice sold in Spain, effect of cooking, and risk assessments. *Environ Sci Technol*, 42 (10): 3867–3872

WHO/FAO (World Health Organization/Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2001) Safety evaluation of certain contaminants in food. WHO Food Additives Series 63, FAO JECFA Monographs 8, online erhältlich unter: http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241660631_eng.pdf (letzter Aufruf 19.09.2012)

Ye XX, Sun B, Yin YL (2012) Variation of As concentration between soil types and rice genotypes and selection of cultivars for reducing As in the diet. *Chemosphere*, 87: 384–389

Zhu Y-G, Williams PN, Meharg AA (2008) Exposure to inorganic arsenic from rice: A global health issue? *Environ Pollution*, 154: 169–171