

# Durch den Konsum von Reis und Reis- produkten bedingte Exposition der Schweizer Bevölkerung gegenüber Arsen



# Inhalt

## Durch den Konsum von Reis und Reisprodukten bedingte Exposition der Schweizer Bevölkerung gegenüber Arsen

Zusammenfassung	3
Schlüsselwörter	4
1. Einleitung	5
2. Methodik	7
2.1 Vorhandensein der Arsenspezies iAS und DMA(V) in Reis und Reisprodukten	7
2.2 Daten zum Konsum von Reis und Reisprodukten	9
2.3 Berechnung der lebensmittel- bedingten Exposition gegenüber Arsen (iAs und DMA(V)) der Schweizer Bevölkerung	9
3. Ergebnisse: durch den Konsum von Reis und Reisprodukten bedingte Exposition gegenüber den beiden Arsenspezies iAs und DMA(V)	10
4. Diskussion	12
5. Schlussfolgerung	15
Referenzen	17

# Durch den Konsum von Reis und Reisprodukten bedingte Exposition der Schweizer Bevölkerung gegenüber Arsen

—  
Roxane Guillod-Magnin, Beat J. Brüscheiler

## Zusammenfassung

Arsen ist ein ubiquitäres toxisches Halbmetall. In der Umwelt kommen verschiedene Arsenspezies vor. Arsen kann sowohl organische als auch anorganische Verbindungen bilden. Die anorganischen Spezies (iAs), Arsenit und Arsenat, sind hochtoxisch und krebserregend. Organische methylierte Spezies wie Monomethylarsonit (MMA(V)) und Dimethylarsonat (DMA(V)) könnten ebenfalls krebserregend sein. In jüngerer Zeit wurden Bedenken geäussert im Zusammenhang mit der chronischen Exposition gegenüber geringen Dosen von Arsen, insbesondere gegenüber iAs. Reis gehört zu den wichtigsten lebensmittelbedingten Arsenquellen, wobei iAs und DMA(V) die dominanten Spezies sind.

Die durch den Konsum von Reis und Reisprodukten bedingte Exposition gegenüber iAs und DMA(V) wurde in spezifischen Risikogruppen der erwachsenen Schweizer Bevölkerung (Vegetarierinnen und Vegetarier, Personen, die sich gluten- oder laktosefrei ernähren) sowie bei den Kindern bewertet. Zur Bewertung der Arsenaufnahme wurden die durchschnittlichen Werte über das Vorhandensein von Arsen

mit den Konsumdaten kombiniert (Durchschnitt, 95. Perzentil), um die durchschnittliche und hohe Exposition (95. Perzentil) zu berechnen.

Die Exposition wird in Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht (KG) pro Tag angegeben. Die Einheit dafür ist  $\mu\text{g}/\text{kg KG pro Tag}$ . Die Exposition gegenüber iAs in der erwachsenen Allgemeinbevölkerung wurde auf  $0,029 \mu\text{g}/\text{kg KG pro Tag}$  (Durchschnitt) und  $0,133 \mu\text{g}/\text{kg KG pro Tag}$  (95. Perzentil) geschätzt. Bei den Kindern wurde die Exposition gegenüber iAs auf  $0,044 \mu\text{g}/\text{kg KG pro Tag}$  (Durchschnitt) und  $0,184 \mu\text{g}/\text{kg KG pro Tag}$  (95. Perzentil) geschätzt. Die Gesundheitsrisiken wurden anhand eines Vergleichs mit den toxikologischen Referenzwerten für iAs ( $0,3 \mu\text{g}/\text{kg KG pro Tag}$ ) und für DMA(V) ( $2,9 \mu\text{g}/\text{kg KG pro Tag}$ ) bewertet. Die durch den Konsum von Reis und Reisprodukten bedingte Arsenexposition lag bei den Erwachsenen (Durchschnitt und 95. Perzentil) und den Kindern (Durchschnitt und 95. Perzentil) unter diesen toxikologischen Richtwerten. Dies war jedoch nicht der Fall, wenn die Kinder ausgeschlossen wurden, die keinen Reis konsumieren.

Gemäss den Daten der Nationalen Ernährungsstudie «menuCH» war der Reiskonsum bei den Erwachsenen mit einer besonderen Ernährungsform wie Vegetarismus, gluten- oder laktosefreier Ernährung nicht höher. Bei den Kindern, die grosse Mengen an Reis und Reisprodukten konsumieren, besteht das Risiko einer hohen iAs-Exposition. Es braucht daher Empfehlungen für Kinder zur Einschränkung des Konsums von Reis und Reisprodukten sowie für eine ausgewogene Ernährung.

#### Schlüsselwörter

Arsen, lebensmittelbedingte Exposition, Reis, Reisprodukte, Risikogruppen, Kinder

## 1. Einleitung

Arsen ist ein toxisches Halbmetall, das in gewissen Gesteinen natürlich vorkommt. Durch die Erosion dieser Gesteine gelangt Arsen ins Grundwasser. Arsen wird auch durch vulkanische und anthropogene Aktivitäten in der Umwelt freigesetzt. Schätzungen zufolge stammen vierzig Prozent des in der Umwelt vorhandenen Arsens aus industriellen Tätigkeiten wie Bergbau, Kohleverbrennung, Kupfer- und Bleiraffination oder aus dem Einsatz bestimmter Pestizide (FAO/WHO 2009).

Es gibt verschiedene Arsenspezies, d. h. verschiedene arsenhaltige Moleküle. Die Toxizität dieser Spezies ist je nach chemischer Form (organisch oder anorganisch), Oxidationszustand ( $-3$ ,  $0$ ,  $+3$ ,  $+5$ ) und Verbindungstyp (Methylierungsgrad) unterschiedlich (Huang et al. 2004). Die anorganischen Spezies umfassen Arsenit As(III) und Arsenat As(V). Im Allgemeinen werden sie unter der Abkürzung iAs zusammengefasst. Das durch diese beiden Spezies bedingte Risiko wird gemeinsam bewertet, da As(V) im Organismus zu As(III) reduziert wird. Arsen kann auch mit organischen Molekülen verbunden sein und verschiedene Spezies bilden wie Methylarsonit (MMA(V)), Dimethylarsonat (DMA(V)), Arsenobetain (AB) oder auch Arsenzucker und Arsenlipide. Die toxischsten Spezies sind As(III) und As(V), gefolgt von DMA(V) und MMA(V). AB wird nicht als toxisch betrachtet (Francesconi 2010). Die Toxizität von Arsenzucker und Arsenlipiden ist nicht eindeutig nachgewiesen (Thomas and Bradham 2016).

Eine chronische Exposition gegenüber hohen Dosen von iAs kann Hautkrebs, aber auch Lungen-, Leber- und Harnwegskrebs sowie Herz-Kreislauf-Erkrankungen und schwere Hautschädigungen verursachen (Ferreccio et al. 2000, IARC 2012). Die Exposition gegenüber geringen Dosen kann zu Atemwegsbeschwerden, Magen-Darm-Beschwerden und Diabetes führen (Chavez-Capilla 2016, Huang et al. 2004, Kapaj et al. 2006). Da Arsen die Plazentaschranke passiert, gelangt das von der Mutter aufgenommene Arsen auch zum Fötus (Concha et al. 1988). In neueren Studien wurde zudem eine Beeinträchtigung der Entwicklung des Fötus bei einer Arsenexposition nachgewiesen (Tolins et al. 2014, Farzan et al. 2013). Eine chronische Exposition gegenüber signifikanten Dosen von DMA(V) kann Krebs der Harnwege (Nieren und Blase) sowie Störungen der Fetalentwicklung verursachen (Bevan und Harrison 2017, Cohen et al. 2006, IARC 2012). Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) stuft iAs als kanzerogen für Menschen (Gruppe 1) und DMA(V) als möglicherweise kanzerogen (Gruppe 2B) ein (IARC 2012). Im Jahr 2009 hat die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA)

einen neuen toxikologischen Referenzwert (Benchmark dose lower confidence limit,  $BMDL_{01}$ ) für iAs eingeführt.<sup>1</sup>

Arsen gelangt durch die Verwendung von kontaminiertem Wasser oder Boden in die Lebensmittelkette. Bestimmte Organismen wie Algen, Meerestiere oder Pilze haben die Fähigkeit, das in ihrer Umwelt vorhandene Arsen im Gewebe anzureichern (Almela et al. 2006, Nearing et al. 2014, Taylor et al. 2017). Reis weist diese Besonderheit ebenfalls auf. Aus diesem Grund sind die Arsenwerte in Reis zehnmal höher als in den übrigen Getreiden (Williams et al. 2007, Zhao et al. 2013). Reis ist die wichtigste Lebensmittelquelle für iAs, er enthält aber auch methylierte organische Verbindungen wie DMA(V) und MMA(V). Der Genotyp der Pflanze und ihr Wachstumsumfeld (Boden und Bewässerungswasser) beeinflussen das Arsenprofil, also das Profil der Spezies und ihrer Konzentrationen im Korn (Lamont 2003, Signes-Pastor et al. 2016a, Wu et al. 2011). Zudem ist Arsen im Reiskorn nicht gleichmässig verteilt. Der äussere Teil, das Silberhäutchen, enthält grössere Mengen an iAs (Lombi et al. 2009). Deshalb kommt Arsen in Vollkornreis oder braunem Reis in konzentrierterer Form vor als in poliertem Reis. Parboiled-Reis enthält aufgrund des Verfahrens, dem er unterzogen wird, ebenfalls mehr Arsen als Nicht-Parboiled-Reis. Das Parboiled-Verfahren wird durchgeführt, um die im äusseren Teil des Korns vorhandenen Nährstoffe zu bewahren. Unter der Einwirkung von unter Druck stehendem Wasserdampf migrieren die Nährstoffe aus dem äusseren Teil des Korns (Silberhäutchen) in den Kern des Korns, das Endosperm. Da dieses Verfahren nicht selektiv ist, migriert das Arsen ebenfalls in den Kern des Reiskorns. Dies hat eine Erhöhung der iAs-Konzentration im Reiskorn zur Folge (Naito et al. 2015).

Reis gilt als wichtigste Arsenquelle in unserer Nahrung (Davis et al. 2017). Er kann je nach Herkunft und Reistyp iAs-Konzentrationen zwischen 150 und 300  $\mu\text{g}/\text{kg}$  und DMA(V)-Konzentrationen von rund 40  $\mu\text{g}/\text{kg}$  enthalten (Guillod-Magnin et al. 2018, Williams et al. 2007, Zhao et al. 2013). Zudem gilt Reis als Grundnahrungsmittel, das neunzehn Prozent der täglichen Kalorienzufuhr der Weltbevölkerung deckt (Ricepedia 2018). Die Situation der Schweiz ist nicht vergleichbar mit jener der asiatischen Länder, wo Reis jeden Tag in grossen Mengen gegessen wird. In den vergangenen Jahren hat jedoch der Reiskonsum in der Schweiz zugenommen. 1986 betrug der tägliche Durchschnittskonsum 10,7 g (Erard et al. 1986). Dreissig Jahre später ist er mit 29,5 g pro Tag fast dreimal so hoch (BLV 2017b) und deckt 1,7 % der täglichen Kalorienzufuhr.

Diese Studie hat zum Ziel, die durch den Konsum von Reis und Reisprodukten bedingte Exposition der Schweizer Bevölkerung (Kleinkinder von ein

1  $BMDL_{01}$ : gemäss humanepidemiologischen Studien 1 % zusätzliches Krebsrisiko für iAs (0,3 bis 8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  KG pro Tag) (EFSA 2009). Für DMA(V) hat die US EPA basierend auf Nagerstudien  $BMDL_{10}$ -Werte von 0,29 bis 5,96  $\text{mg}/\text{kg}$  KG pro Tag abgeleitet (US EPA 2005, 2006). Bei einem «Sicherheitsabstand» zur Exposition («Margin of Exposure», MOE) von 100 entspricht dies einer Spannweite von 2,9 bis 59,6  $\mu\text{g}/\text{kg}$  KG pro Tag. In der vorliegenden Risikobewertung wurde der untere Bereich dieser Werte, das heisst 0,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  KG  $\text{Tag}^{-1}$  (iAs) und 2,9  $\mu\text{g}/\text{kg}$  KG pro Tag (DMA(V)) als toxikologischer Referenzwert verwendet.

bis drei Jahren und Erwachsene) gegenüber Arsen zu ermitteln. Auf Grundlage der Nationalen Ernährungserhebung «menuCH», der deutschen «VELS»-Studie und der Daten über das Vorhandensein von Arsen in den auf dem Schweizer Markt erhältlichen Reissorten und -produkten (Guillod-Magnin et al. 2018) wurde die Exposition gegenüber den beiden Arsenspezies bewertet, die eine Gefahr für die Gesundheit darstellen (iAs und DMA(V)). Entsprechend der Studie von EFSA (EFSA 2014) wurden neben der Gesamtbevölkerung bestimmte Gruppen wie die Kinder, aber auch gewisse als gefährdet geltende Erwachsenengruppen untersucht. Dabei handelte es sich um Vegetarierinnen und Vegetarier, um Personen, die sich gluten- oder laktosefrei ernähren, sowie um Personen mit einem hohen Reiskonsum (mehr als 175 g pro Tag).

## 2. Methodik

Für die Bewertung der Exposition gegenüber einem Lebensmittelkontaminanten sind Daten zum Konsum des betreffenden Lebensmittels sowie zur Konzentration des Kontaminanten in diesem Lebensmittel erforderlich. Beim Lebensmittel handelt es sich in diesem Fall um Reis und Reisprodukte wie Reiswaffeln und Reisgetränke, beim Kontaminanten um Arsen, das hauptsächlich in den beiden Spezies iAs und DMA(V) vorkommt.

### 2.1 Vorhandensein der Arsenspezies iAs und DMA(V) in Reis und Reisprodukten

Die Konzentration der beiden Arsenspezies iAs und DMA(V) wurde in Reis und Reisprodukten wie Reiswaffeln, Reisgetränken, Getreide mit Reis, Baby-nahrung und Milchreis gemessen (Guillod-Magnin et al. 2018). Die Lebensmittel (Reis und Reisprodukte) wurden im Detailhandel und in Fachgeschäften wie Apotheken, Drogerien oder Reformhäusern gekauft. Alle Produkte sind bzw. waren auf dem Schweizer Markt erhältlich. Die verschiedenen Proben wurden mithilfe einer Methode analysiert, die eine Kopplung der Ionenchromatografie an die Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) und so eine Trennung der verschiedenen in den Lebensmitteln enthaltenen Arsenspezies As(III), As(V), MMA(V) und DMA(V) ermöglicht. Die beiden anorganischen Arsenspezies As(III) und As(V) wurden anschliessend addiert und unter der Abkürzung iAs zusammengefasst. MMA(V) wurde in den Proben von Reis und Reisprodukten nur in Form von Spuren gemessen

(weniger als 3%). Die Analyse der Reiskörnerproben (Trockensubstanz) erfolgte ohne vorgängiges Kochen. Deshalb wurde bei diesen Proben ein Verdünnungsfaktor von 0,35 angewandt. Damit wird dem standardmässigen Kochverfahren von Reis (zwei Teile Wasser auf ein Teil Reis) Rechnung getragen. Bei den Reisprodukten (Reiswaffeln und Reisgetränke) wurde kein Faktor angewandt. Die für die Berechnung der Exposition verwendeten Werte sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

**Tabelle 1:** Konzentration der beiden Arsenpezies iAs und DMA(V) in den verschiedenen Reissorten sowie in Reisprodukten wie Reiswaffeln und Reisgetränken. Die Konzentrationen sind in µg/kg angegeben.

Lebensmittelkategorie		iAs <sup>a</sup>		DMA(V)	
		Trockensubstanz	Konsumfertigtes Produkt	Trockensubstanz	Konsumfertigtes Produkt
Reis <sup>b</sup> , N=31	Durchschnitt <sup>c</sup>	102	35,5	38,9	13,6
	Bereich <sup>c</sup>	5,9–188	2,1–65,8	0,4–151,3	0,1–53,0
Vollkornreis, N=4	Durchschnitt	152	53,1	28,7	10,0
	Bereich	118–172	41,2–60,2	25,3–35,3	8,9–12,4
Risotto, N=4	Durchschnitt	85,8	30,0	69,3	24,3
	Bereich	5,9–134	2,1–46,8	28,8–127,0	10,1–44,5
Basmatireis, N=6	Durchschnitt	33,2	11,6	16,6	5,8
	Bereich	19,7–48,7	6,9–17,0	10,5–32,9	3,7–11,5
Parboiled-Reis, N=6	Durchschnitt	133	46,5	43,3	15,2
	Bereich	113–156	39,7–54,5	23,4–94,3	8,2–32,7
Langkornreis, N=5	Durchschnitt	120	41,9	52,5	18,4
	Bereich	87,7–155	30,7–54,3	22,4–96,6	7,8–33,8
Reiswaffeln, N=25	Durchschnitt	—	134	—	19,2
	Bereich	—	40,0–279	—	2,6–44,0
Reisgetränke <sup>d</sup> , N=15	Durchschnitt	—	16,9	—	2,0
	Bereich	—	4,8–34,0	—	0,4–9,8
Milchreis, N=6	Durchschnitt	—	9,0	—	1,9
	Bereich	—	6,5–13,2	—	0,4–4,1
Reiscerealien <sup>e</sup> , N=7	Durchschnitt	—	204	—	60,3
	Bereich	—	45,9–331	—	13,4–248
Säuglingsnahrung <sup>f</sup> (trocken), N=12	Durchschnitt	67,5	—	16,1	—
	Bereich	9,5–119	—	0,4–49,4	—
Säuglingsnahrung <sup>f</sup> (Brei), N=9 <sup>d</sup>	Durchschnitt	—	8,6	—	2,0
	Bereich	—	3,4–12,9	—	0,4–6,0

a iAs = As(III)+As(V)

b Die Gruppe Reis beinhaltet alle analysierten Reissorten wie polierten Reis, roten Reis, Wildreis, weissen Reis, Basmatireis, Risotto, Parboiled-Reis, Langkornreis und Vollkornreis.

c Der Durchschnitt und der Wertebereich wurden wie folgt berechnet: ½ LOD und ½ LOQ, bei Werten unterhalb der Nachweisgrenze (LOD) oder der Bestimmungsgrenze (LOQ). Die Werte sind in µg/kg angegeben.

d einschliesslich Reismilch

e umfasst Frühstückscerealien, Müsliriegel, Kekse, Knusper- und Puffreis.

f Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder.

Die für die Berechnung der Exposition verwendeten Werte sind fett hervorgehoben.



## 2.2 Daten zum Konsum von Reis und Reisprodukten

Die Daten zum Konsum von Reis und Reisprodukten wurden der Nationalen Ernährungserhebung «menuCH» entnommen (Chatelan et al. 2017). Neben den Daten zum Konsum von Reis und Reisprodukten wie Reiswaffeln und Reisgetränken wurden mit dieser Querschnittserhebung auch Informationen zu den Teilnehmenden wie sprachliche Herkunft, Alter und allfällige besondere Ernährungsformen, beispielsweise Vegetarismus oder gluten- oder laktosefreie Ernährung, erhoben. Von den 2085 Personen, die zweimal befragt wurden, haben 783 (38 %) die erwähnten Produkte konsumiert. Diese 783 Personen haben 968 Portionen Reis (oder Reisprodukte) konsumiert. Die Daten wurden wie folgt aufbereitet:

1. die am gleichen Tag eingenommenen Portionen wurden addiert (n=25);
2. für die an zwei Tagen eingenommenen Portionen wurde der Durchschnitt berechnet (n=123).

Diese Erhebung umfasste ausschliesslich Erwachsene. Aus diesem Grund wurden die Daten zum Konsum der Kleinkinder der deutschen «VELS»-Studie entnommen (Banasiak et al. 2005). Diese Daten wurden auch vom deutschen Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR 2015) verwendet.

## 2.3 Berechnung der lebensmittelbedingten Exposition gegenüber Arsen (iAs und DMA(V)) der Schweizer Bevölkerung

Die Exposition gegenüber den beiden Arsenspezies iAs und DMA(V) wurde berechnet, indem die Konsumdaten aus den Studien «menuCH» (Konsum der Erwachsenenbevölkerung) und «VELS» (Konsum der Kinder) und die Daten über das Vorhandensein von Arsen (iAs und DMA(V)) in den betroffenen Produkten kombiniert wurden (Guillod-Magnin et al. 2018). Zudem wurde die Exposition je Einheit des Körpergewichts berechnet. In Übereinstimmung mit dem Codex Alimentarius (CAC/GL 3-1989) wurde für das Körpergewicht (KG) einer erwachsenen Person ein Standardwert von 60 kg verwendet. Für die Kinder wurde hingegen das tatsächliche Körpergewicht berücksichtigt (Banasiak et al. 2005). Für die gesamte Erwachsenenbevölkerung, die Risikogruppen (Erwachsene) und die Kleinkinder wurde die durchschnittliche Exposition ( $\bar{x}$ ) und die hohe Exposition (P95) berechnet.

### 3. Ergebnisse: durch den Konsum von Reis und Reisprodukten bedingte Exposition gegenüber den beiden Arsenspezies iAs und DMA(V)

In Tabelle 2 sind die Werte der durch den Konsum von Reis und Reisprodukten bedingten Exposition der Erwachsenen gegenüber iAs und DMA(V) dargestellt. Die Werte werden sowohl für die Gesamtbevölkerung (ganze Gruppe), welche die Konsumierenden und Nicht-Konsumierenden der jeweiligen Produkte umfasst, als auch nur für die Konsumierenden angegeben. Die Bevölkerung wurde in Untergruppen unterteilt (Geschlecht, Sprachregionen und Risikogruppen). Die Untergruppen wurden nach der gleichen Logik in zwei Kategorien (ganze Gruppe und nur Konsumierende) aufgeteilt.

Die iAs-Exposition der Schweizer Bevölkerung (ganze Gruppe) betrug 0,029 ( $\bar{x}$ ) und 0,133  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag (P95). Die Exposition der Personen, die Reis und Reisprodukte konsumieren (ohne die Nicht-Konsumierenden), belief sich hingegen auf 0,077 ( $\bar{x}$ ) und 0,177  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag (P95). Die Exposition der italienischsprachigen Bevölkerung (ganze Gruppe) betrug 0,070 ( $\bar{x}$ ) und 0,210  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag (P95). Bei den italienischsprachigen Konsumierenden war die iAs-Exposition am höchsten: 0,102 ( $\bar{x}$ ) und 0,236  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag (P95). Die deutsche und die französische Sprachregion wiesen ähnliche Werte auf: Bei der deutschsprachigen Bevölkerung betrug die Exposition 0,031 ( $\bar{x}$ ) und 0,132  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag (P95) und bei der französischsprachigen Bevölkerung 0,032 ( $\bar{x}$ ) und 0,129  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag (P95). Die Exposition der deutschsprachigen und der französischsprachigen Konsumierenden betrug 0,076 ( $\bar{x}$ ) und 0,170  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag (P95) beziehungsweise 0,069 ( $\bar{x}$ ) und 0,167  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag (P95). Bei den Personen mit einer besonderen Ernährungsform (Vegetarismus, gluten- oder laktosefreie Ernährung) wurde kein signifikanter Unterschied beobachtet: Ihre Exposition bewegte sich im gleichen Rahmen wie jene der Gesamtbevölkerung.

Die durch den Konsum von Reis und Reisprodukten bedingte DMA(V)-Exposition ist geringer. Sie folgt dem gleichen Schema wie die iAs-Exposition. Die Bevölkerung (Konsumierende und Nicht-Konsumierende) war einer DMA(V)-Konzentration von 0,013 ( $\bar{x}$ ) und 0,068  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag (P95) ausgesetzt. Die Exposition der Nur-Konsumierenden betrug 0,036 ( $\bar{x}$ ) und 0,106  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag (P95).

Die Exposition der Kleinkinder gegenüber diesen beiden Arsenspezies ist in Tabelle 3 dargestellt. Wie auch bei der Erwachsenenbevölkerung wurden die Expositionswerte ( $\bar{x}$  und P95) für die ganze Gruppe (Konsumierende

und Nicht-Konsumierende) und nur für die Konsumierenden berechnet. Die iAs-Exposition der Konsumierenden bewegte sich zwischen 0,546 µg/kg KG pro Tag ( $\bar{x}$ ) und 0,958 µg/kg KG pro Tag (P95). Die Expositionswerte der ganzen Gruppe waren aus naheliegenden Gründen tiefer: 0,044 µg/kg KG pro Tag ( $\bar{x}$ ) und 0,184 µg/kg KG pro Tag (P95). Bei DMA(V) war die Exposition geringer: 0,013 µg/kg KG pro Tag ( $\bar{x}$ ) und 0,060 µg/kg KG pro Tag (P95) bei der ganzen Gruppe und 0,112 µg/kg KG pro Tag ( $\bar{x}$ ) und 0,221 µg/kg KG pro Tag (P95) nur bei den Konsumierenden.

**Tabelle 2:** Exposition der Bevölkerung gegenüber den beiden Arsenspezies iAs und DMA(V), angegeben in µg/kg KG pro Tag. Für die Gesamtbevölkerung sowie nur für die Konsumierenden von Reis und Reisprodukten wurde die durchschnittliche Exposition ( $\bar{x}$ ) sowie der Wert des 95. Perzentils (P95) berechnet. Die Bevölkerung wurde in die Untergruppen Sprachregionen (D-CH, F-CH und I-CH), Geschlecht (Frauen und Männer), besondere Ernährungsformen (Vegetarismus, gluten- oder laktosefreie Ernährung) und Personen mit einem hohen Reiskonsum (mehr als 175 g pro Tag) unterteilt. N bezieht sich auf die Schweizer Bevölkerung (extrapolierter Wert), während sich n auf die Zahl der im Rahmen von «menuCH» befragten Personen bezieht.

Gruppen	Gruppen	N	n	iAs-Exposition		DMA(V)-Exposition	
				$\bar{x}$	P95	$\bar{x}$	P95
Bevölkerung	ganze Gruppe	4 622 018	2085	0,029	0,133	0,013	0,068
	nur Konsumierende	1 763 787	783	0,077	0,177	0,036	0,106
<b>Geschlecht</b>							
Frauen	ganze Gruppe	2 316 876	1139	0,025	0,107	0,011	0,054
	nur Konsumierende	946 120	448	0,065	0,141	0,029	0,082
Männer	ganze Gruppe	2 305 142	946	0,033	0,162	0,016	0,086
	nur Konsumierende	817 867	335	0,093	0,211	0,045	0,133
<b>Sprachregionen</b>							
D-CH	ganze Gruppe	3 199 861	1143	0,031	0,132	0,014	0,068
	nur Konsumierende	1 116 125	462	0,076	0,170	0,036	0,097
F-CH	ganze Gruppe	1 165 232	525	0,032	0,129	0,013	0,057
	nur Konsumierende	550 628	241	0,069	0,167	0,029	0,091
I-CH	ganze Gruppe	256 925	117	0,070	0,210	0,039	0,146
	nur Konsumierende	95 670	81	0,102	0,236	0,057	0,158
<b>Risikogruppen</b>							
Vegetarismus	ganze Gruppe	226 479	102	0,011	0,076	0,003	0,015
	nur Konsumierende	45 349	17	0,066	0,127	0,020	0,062
glutenfreie Ernährung	ganze Gruppe	50 843	23	0,052	0,143	0,016	0,033
	nur Konsumierende	30 734	19	0,067	0,155	0,021	0,054
laktosefreie Ernährung	ganze Gruppe	120 172	54	0,038	0,122	0,015	0,039
	nur Konsumierende	50 476	28	0,072	0,161	0,028	0,053
Personen mit einem hohen Konsum (>175 g pro Tag)		398 256	179	0,144	0,282	0,077	0,148

**Tabelle 3:** Geschätzte Exposition der Kleinkinder gegenüber den beiden Arsenspezies iAs und DMA(V), angegeben in  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag. Für die Gesamtbevölkerung sowie nur für die Konsumierenden von Reis und Reisprodukten wurde die durchschnittliche Exposition ( $\bar{x}$ ) sowie der Wert des 95. Perzentils (P95) berechnet.

Gruppe		iAs-Exposition		DMA(V)-Exposition	
		$\bar{x}$	P95	$\bar{x}$	P95
Kleinkinder	Ganze Gruppe	0,044	0,184	0,013	0,060
	Nur Konsumierende	0,546	0,958	0,112	0,221

**Tabelle 4:** «Margin of Exposure» (MOE) für iAs und DMA(V) bei Kleinkindern unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Exposition ( $\bar{x}$ ) und einer hohen Exposition (P95) gegenüber den erwähnten Arsenspezies. Referenzwerte für iAs:  $0,3 \mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag, und für DMA(V):  $2,9 \mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag.

Gruppe		MOE für iAs		MOE für DMA(V)	
		$\bar{x}$	P95	$\bar{x}$	P95
Kleinkinder	Ganze Gruppe	6,80	1,63	233,0	48,3
	Nur Konsumierende	0,55	0,31	25,9	13,1

## 4. Diskussion

Die durch den Konsum von Reis und Reisprodukten bedingte Arsenexposition der erwachsenen Schweizer Bevölkerung kann als gering oder gar vernachlässigbar betrachtet werden. Die Expositionswerte für die verschiedenen untersuchten Gruppen liegen unterhalb der toxikologischen Referenzwerte. Die Exposition der Kleinkinder kann hingegen nicht als gering angesehen werden. Aufgrund des hohen Verhältnisses von eingenommener Nahrung zum Körpergewicht ist bei Kleinkindern die Arsenexposition tendenziell höher als bei den Erwachsenen. Die Exposition der Kleinkinder wird, wenn nur die Konsumierenden von Reis und Reisprodukten berücksichtigt werden, auf  $0,546 \mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag (Durchschnitt) und  $0,958 \mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag (P95) geschätzt. Der «Sicherheitsabstand» zur Exposition («Margin of Exposure», MOE) beträgt somit weniger als 1 (Durchschnitt: 0,55; P95: 0,31), was ein Hinweis für eine Gesundheitsgefährdung ist [Tab. 4](#).

Innerhalb der Erwachsenenbevölkerung wurde zwischen den verschiedenen Gruppen kein signifikanter Unterschied festgestellt. Einige kleinere Unterschiede wurden dennoch beobachtet. Die Exposition der männlichen Bevölkerung war höher als jene der weiblichen Bevölkerung. Die von Männern konsumierten Reisportionen waren im Allgemeinen grösser als jene der Frauen. Dies zeigt sich auch bei der durchschnittlichen täglichen Kalorienzufuhr, die sich bei den Männern auf  $10\,608 \text{ kJ}$  ( $2533 \text{ kcal}$ ) und bei den Frauen auf  $8092 \text{ kJ}$  ( $1933 \text{ kcal}$ ) (BLV 2017a) belief.

Die Exposition der italienischsprachigen Bevölkerung liegt über dem schweizerischen Durchschnitt. Chatelan et al. (2017) zeigten in ihrer Studie auf, dass die Nachbarländer einen erheblichen Einfluss auf die Ernährungsge-

wohnheiten der Schweiz haben. Somit ist anzunehmen, dass die italienischsprachige Bevölkerung von ihren italienischen Nachbarn beeinflusst wird. Die aus dieser Studie hervorgehenden Beobachtungen weisen darauf hin, dass in der italienischen Sprachregion mehr Risotto gegessen wird als in den beiden anderen Sprachregionen. Der Verzehr dieses Gerichts trägt massgeblich zur Exposition bei.

Im Vorfeld dieser Studie wurde angenommen, dass die Arsenexposition von Personen mit besonderen Ernährungsformen (Vegetarismus, gluten- oder laktosefreie Ernährung) höher sein könnte als jene der Gesamtbevölkerung (EFSA 2009). Angesichts der erzielten Ergebnisse trifft dies nicht zu. Personen mit einer der erwähnten Ernährungsformen konsumierten nicht mehr Reis und Reisprodukte als die durchschnittliche Bevölkerung. Da nur relativ wenige Daten zu den Personen mit einer besonderen Ernährungsform vorliegen, wäre es interessant, in diesem Bereich umfassendere Forschungsarbeiten durchzuführen. Als Beispiel seien hier die Vegetarierinnen und Vegetarier erwähnt. Sie machen nur 4,9 Prozent der Schweizer Bevölkerung aus, wobei 6,9 Prozent Frauen und 2,9 Prozent Männer sind (BLV 2017c). In Deutschland ist die Tendenz ähnlich wie in der Schweiz. Schätzungen zufolge ernähren sich 4,3 Prozent der deutschen Bevölkerung vegetarisch (6,1 % Frauen und 2,5 % Männer) (Mensink et al. 2016). Mensink et al. (2016) haben festgestellt, dass der Anteil der Vegetarierinnen und Vegetarier in der jüngeren Generation (18 bis 30 Jahre) höher ist (9,2 % Frauen und 5,0 % Männer). In der Schweiz dürfte dies ähnlich sein. Für diese Studie bedeutet dies, dass die Gruppe der Personen, die sich vegetarisch ernähren, untervertreten ist, macht doch die junge Generation (18 bis 34 Jahre) nur 28,6 Prozent der Teilnehmenden der «menuCH»-Erhebung aus. Um das Arsenrisiko vollständig ausschliessen zu können, wären daher weitere Informationen erforderlich. Bis heute hat sich keine Studie mit der iAs-Exposition der Personen befasst, die sich vegetarisch oder laktosefrei ernähren. Die Exposition der Personen, die sich glutenfrei ernähren, wurde von Munera-Picazo et al. (2014a) untersucht. Ihre Berechnung ergab eine iAs-Exposition von 0,47 (Frauen) und 0,46 (Männer)  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag. Das Forscherteam kam zu Schluss, dass diese Werte innerhalb der toxikologischen Referenzwertspanne ( $\text{BMDL}_{01}$ ) für iAs liegen und somit ein geringer «Sicherheitsabstand» («Margin of Exposure», MOE) besteht. Es ist daher der Ansicht, dass das Risiko für diese Personengruppe nicht ausgeschlossen werden kann. Mit einer durchschnittlichen Exposition von 0,052  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag und 0,067  $\mu\text{g}/\text{kg KG}$  pro Tag nur bei den Konsumierenden liegen die Ergebnisse dieser Studie deutlich unterhalb jenen von Munera-Picazo et al. (2014a). Dabei ist zu beachten, dass in der «menuCH»-Er-

hebung nur der Konsum von Reis, Reiswaffeln und Reisgetränken berücksichtigt wurde. Glutenfreie Produkte wie Teigwaren, Brot und Backwaren enthalten sehr oft Reis. Für diese Produkte liegen leider weder zum Konsum noch zum Vorhandensein von Arsen Informationen vor. Die Exposition der Personen, die sich glutenfrei ernähren, wurde daher sicher unterschätzt.

Die Personen mit einem hohen Reiskonsum (mehr als 175 g pro Tag) weisen eine Exposition über dem schweizerischen Durchschnitt auf; diese stellt jedoch kein nennenswertes Risiko dar.

Die durchschnittliche Exposition der Schweizer Bevölkerung (0,029 µg/kg KG pro Tag) sowie der Wert des 95. Perzentils (0,133 µg/kg KG pro Tag) liegen leicht unter den Ergebnissen der lebensmittelbedingten Expositionsabschätzung für die europäische Bevölkerung durch EFSA (EFSA 2014). Die durchschnittliche Exposition der europäischen Bevölkerung wird auf 0,09 bis 0,38 µg/kg KG pro Tag und der Wert des 95. Perzentils auf 0,14 bis 0,64 µg/kg KG pro Tag geschätzt. Dieser Unterschied ist darauf zurückzuführen, dass in der EFSA-Studie die gesamte Ernährung berücksichtigt wurde.

Die Kleinkinder sind höheren Arsendosen ausgesetzt als die Erwachsenen, da sie im Verhältnis zu ihrem Gewicht mehr Nahrung zu sich nehmen. Zum Konsum von Reis und Reisprodukten der Schweizer Kinder liegen bis heute keine Daten vor. Aus diesem Grund wurde die deutsche «VELS»-Studie für die Schätzung der Arsenexposition verwendet. Es wird angenommen, dass diese Schätzungen auch für die Schweiz gelten. Gestützt auf die aktuellen Ergebnisse liegt die iAs-Exposition der Reiskonsumierenden im Gegensatz zur DMA(V)-Exposition nahe beim toxikologischen Referenzwert, was bedeutet, dass eine potenzielle Gesundheitsgefährdung nicht ausgeschlossen werden kann. Den grössten Beitrag zur iAs-Exposition leisten die Reisgetränke, gefolgt von den reishaltigen Frühstückscerealien.

Reis ist nicht die einzige lebensmittelbedingte Arsenquelle, gehört aber nach wie vor zu den wichtigsten. Arsen ist in Form von Spuren fast in allen Lebensmitteln vorhanden (IARC 2012). Gewisse Lebensmittel wie Fisch, Algen oder Pilze enthalten jedoch signifikante Mengen (Nearing et al. 2014). Fisch weist einen Gesamtgehalt an Arsen in der Grössenordnung von einigen Dutzend Milligramm pro Kilogramm auf, aber ein grosser Teil davon ist nicht toxisches Arsenobetain (Borak and Hosgood 2007). Je nach Art sind die Algen eine nicht unbedeutende iAs-Quelle (Francesconi 2010). Sie können deutlich mehr Arsen enthalten als Reis. Die Hijiki-Alge kann bis zu 77 mg/kg Arsen enthalten (Rose et al. 2007). Sie wird jedoch in der Schweiz nur selten konsumiert. Fisch und Pilze werden in der Schweiz ebenfalls nicht sehr häufig konsumiert («menuCH»). Das Trinkwasser kann je nach Region ebenfalls iAs in

Konzentrationen über dem Höchstwert von 10 µg/l enthalten. Die mediane Konzentration im Schweizer Trinkwasser beträgt jedoch 0,2 µg/l (interner Bericht des BLV), was kein grosses Risiko für die Bevölkerung darstellt.

## 5. Schlussfolgerung

Die Exposition der Schweizer Bevölkerung gegenüber den beiden dominanten Arsenspezies iAs und DMA(V) wurde berechnet, indem die Daten zum Konsum von Reis und Reisprodukten («menuCH» und «VELS») und die Daten zum Vorhandensein von Arsen in Lebensmitteln kombiniert wurden.

Die Exposition wurde sowohl für die Erwachsenenbevölkerung als auch für Kleinkinder (ein bis drei Jahre) geschätzt. Innerhalb der erwachsenen Bevölkerung wurden bestimmte Gruppen, bei denen aufgrund ihrer Ernährungsform von einem grösseren Risiko ausgegangen wurde, speziell untersucht. Dabei handelte es sich um Vegetarierinnen und Vegetarier, Personen, die sich gluten- oder laktosefrei ernähren, sowie um Personen mit einem hohen Reiskonsum (mehr als 175 g pro Tag).

Reis gehört zu den wichtigsten lebensmittelbedingten Arsenquellen der Schweizer Bevölkerung. Die anderen Lebensmittel mit einem hohen Arsengehalt, wie Fisch, Algen oder Pilze, werden nur gelegentlich konsumiert. In gewissen Regionen kann das Trinkwasser ebenfalls eine bedeutende iAs-Quelle sein. Normalerweise ist in der Schweiz die Arsenkonzentration im Trinkwasser mit einem Medianwert von 0,2 µg/l gering und stellt kein Risiko für die Gesundheit dar. In bestimmten Bergdörfern in den Kantonen Tessin und Wallis ist der Arsengehalt deutlich höher und sollte daher überwacht werden.

Innerhalb der Erwachsenenbevölkerung ist der Konsum von Reis und Reisprodukten der Personen mit einer besonderen Ernährungsform (Vegetarismus, gluten- und laktosefreie Ernährung) nicht höher als jener der Allgemeinbevölkerung. Angesichts der aktuellen Ergebnisse können daher die Personen mit einer der erwähnten Ernährungsformen nicht als Risikopersonen betrachtet werden.

Es bestehen Kenntnislücken zu den Folgen einer täglichen, auch nur geringen lebensmittelbedingten Arsenzufuhr, und die Unsicherheiten sind entsprechend gross. Es wäre daher wichtig, die Auswirkungen einer chronischen Exposition gegenüber geringen Arsendosen auf die Personen zu kennen, die am empfindlichsten auf Arsen reagieren, also auf Kinder sowie schwangere und stillende Frauen. Da Arsen die Plazentaschranke passiert, gelangt das von der Mutter aufgenommene Arsen auch zum Fötus. Die Mut-



termilch kann je nach Ernährung der Mutter ebenfalls beachtliche Arsenmengen enthalten. In der Wachstumsphase reagiert der Organismus empfindlicher auf Arsen.

Es kann daher der Schluss gezogen werden, dass die durch den Reiskonsum bedingte Arsenexposition der Schweizer Bevölkerung zwar gering ist, bestimmte Verhaltensweisen wie ein hoher Reiskonsum aber ein Risiko darstellen können. Die Exposition der Kleinkinder ist aufgrund des hohen Verhältnisses von Körpergewicht zu eingenommener Nahrung grösser als jene der Erwachsenen. Das durch den Konsum von Reis und Reisprodukten bedingte Risiko kann daher bei kleinen Kindern nicht gänzlich ausgeschlossen werden, insbesondere nicht bei Kleinkindern mit einer besonderen Ernährungsform wie einer glutenfreien oder vegetarischen Ernährung oder bei Kindern, die allergisch auf Kuhmilch sind oder Kuhmilch meiden oder deren Kohlenhydratbedarf hauptsächlich durch Reis gedeckt wird. Gestützt auf die Studie von Guillod-Magnin et al. (2018) hat das BLV Empfehlungen zum Konsum von Reis und Reisprodukten erstellt, die für Kleinkinder bestimmt sind (BLV 2018).

---

Roxane Guillod-Magnin, Beat J. Brüscheiler

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV)  
Abteilung Risikobewertung, 3003 Bern, Schweiz

**Korrespondenzadresse**

Beat J. Brüscheiler  
Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV)  
Abteilung Risikobewertung  
Schwarzenburgstrasse 155  
3003 Bern  
E-Mail: [beat.brueschweiler@blv.admin.ch](mailto:beat.brueschweiler@blv.admin.ch)

**Zitierweise**

Guillod-Magnin R, Brueschweiler BJ (2018) Durch den Konsum von Reis und Reisprodukten bedingte Exposition der Schweizer Bevölkerung gegenüber Arsen. Schweizer Ernährungsbulletin: Seiten 97–113  
DOI: [10.24444/blv-2018-0111](https://doi.org/10.24444/blv-2018-0111)

**Interessenkonflikt**

Die Autorin und der Autor geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.



## Referenzen

- Almela C, Clemente M J, Velez D and Montoro R, 2006. Total arsenic, inorganic arsenic, lead and cadmium contents in edible seaweed sold in Spain. *Food and Chemical Toxicology*, 44(11), 1901–1908.
- 
- 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*. 48, 84–98. <https://doi.org/10.1007/s00103-004-0949-6>
- 
- Bevan R J and Harrison P T C, 2017. Threshold and non-threshold chemical carcinogens: A survey of the present regulatory landscape. *Regul Toxicol Pharmacol*, 88, 291–302.
- 
- Bundesinstitut für Risikobewertung, Deutschland (BfR), 2015. Arsen in Reis und Reisprodukten. Stellungnahme Nr 018/2015. Zugriff am 20.09.2017. <http://mobil.bfr.bund.de/cm/343/arsen-in-reis-und-reisprodukten.pdf>
- 
- Bognar A, 2002. Tables on weight yield of food and retention factors of food constituents for the calculation of nutrient composition of cooked foods (dishes). Zugriff am 10.10.2017, [http://www.fao.org/uploads/media/bognar\\_bfe-r-02-03.pdf](http://www.fao.org/uploads/media/bognar_bfe-r-02-03.pdf).
- 
- Borak J and Hosgood H D, 2007. Seafood arsenic: implications for human risk assessment. *Regul Toxicol Pharmacol*, 47(2), 204–212.
- 
- Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), 2017a. Energiezufuhr in der Schweiz 2014/15. Zugriff am 15.01.2018, [https://www.blv.admin.ch/dam/blv/de/dokumente/lebensmittel-und-ernaehrung/ernaehrung/fi-energiezufuhr.pdf.download.pdf/DE\\_Fachinformation\\_menuCH\\_Energiezufuhr.pdf](https://www.blv.admin.ch/dam/blv/de/dokumente/lebensmittel-und-ernaehrung/ernaehrung/fi-energiezufuhr.pdf.download.pdf/DE_Fachinformation_menuCH_Energiezufuhr.pdf)
- 
- Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), 2017b. Getreideprodukte-, Kartoffel- und Hülsenfrüchtekonsum. Zugriff am 10.10.2017, <https://www.blv.admin.ch/dam/blv/de/dokumente/lebensmittel-und-ernaehrung/ernaehrung/fi-menuch-getreide.pdf.download.pdf/fi-menuch-getreide.pdf>
- 
- Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), 2017c. Fleischkonsum. Zugriff am 11.12.2017. <https://www.blv.admin.ch/dam/blv/de/dokumente/lebensmittel-und-ernaehrung/ernaehrung/fi-menuch-getreide.pdf.download.pdf/fi-menuch-getreide.pdf>
- 
- Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV), 2018. Stoffe im Fokus: Arsen, Empfehlungen des BLV. Zugriff am 4.6.2018. <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/lebensmittelsicherheit/stoffe-im-fokus/arsen.html>
- 
- Chatelan A, Beer-Borst S, Randriamiharisoa A, Pasquier J, Blanco J M, Siegenthaler S, Paccaud F, Slimani N, Nicolas G, Camenzind-Frey E, Zuberbuehler C A and Bochud M, 2017. Major Differences in Diet across Three Linguistic Regions of Switzerland: Results from the First National Nutrition Survey menuCH. *Nutrients*, 9(11), 1–17.
- 
- Chavez-Capilla T, Beshai M, Maher W, Kelly T and Foster S, 2016. Bioaccessibility and degradation of naturally occurring arsenic species from food in the human gastrointestinal tract. *Food Chem*, 212, 189–197.
- 
- Cohen S M, Arnold L, Eldan M, Lewis A and Beck B, 2006. Methylated arsenicals: the implication of metabolism and carcinogenicity studies in rodents to human risk assessment. *Crit Rev Toxicol.*, 36, 99–133.
- 
- Concha G, Vogler G, Lezcano D, Nermell B and Vahter M, 1998. Exposure to inorganic arsenic metabolites during early human development. *Toxicol. Sci.*, 44, 185–190.
- 
- Davis M A, Signes-Pastor A J, Argos M, Slaughter F, Pendergrast C, Punshon T, Gossai A, Ahsan H and Karagas M R, 2017. Assessment of human dietary exposure to arsenic through rice. *Sci Total Environ*, 586, 1237–1244.
- 
- European Food Safety Authority (EFSA), 2009. Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal*, 7(10). Zugriff am 15.09.2017, <https://www.efsa.europa.eu/fr/efsajournal/pub/1351>.
- 
- European Food Safety Authority (EFSA), 2014. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. *EFSA J.*, 12(3). Zugriff am 20.09.2017, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2014.3597/full>.
- 
- Erard M, Dick R and Zimmerli B, 1986. Studie zum Lebensmittel-Pro-Kopf-Verzehr der Schweizer Bevölkerung. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.*, 77, 88–130. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Food Additives and Contaminants, 2009. Position paper on Arsenic. WHO. Zugriff am 12.10.2017, [https://www.foedevarestyrelsen.dk/SiteCollection-Documents/25\\_PDF\\_word\\_filer%20til%20download/06kontor/Position%20Paper%20on%20arsenic.pdf](https://www.foedevarestyrelsen.dk/SiteCollection-Documents/25_PDF_word_filer%20til%20download/06kontor/Position%20Paper%20on%20arsenic.pdf).
- 
- Farzan S F, Karagas M R and Chen Y, 2013. In utero and early life arsenic exposure in relation to long-term health and disease. *Toxicol Appl Pharmacol*, 272(2), 384–390.
- 
- Ferreccio C, Gonzales C, Milosavjevic V, Marshall G, Sancha A M and Smith A H, 2000. Lung cancer and arsenic concentrations in drinking water in Chile. *Epidemiology*, 11(6), 673–679.
- 
- Francesconi K A, 2010. Arsenic species in seafood: Origin and human health implications. *Pure and Applied Chemistry*, 82(2), 373–381.
- 
- Guillod-Magnin R, Brüscheweiler B J, Aubert R and Haldimann M, 2018. Arsenic species in rice and rice-based products consumed by toddlers in Switzerland. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2018 Feb 27: 1–15. DOI: 10.1080/19440049.2018.1440641
- 
- Huang C, Ke Q, Costa M and Shi X, 2004. Molecular mechanisms of arsenic carcinogenesis. *Molecular and Cellular biochemistry*, 255, 57–66.
- 
- International Agency for Research on Cancer (IARC), 2012. Arsenic, Metals, Fibres and Dusts. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, 100. Zugriff am 20.09.2017, <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/>.
- 
- Kapaj S, Peterson H, Liber K and Bhattacharya P, 2006. Human health effects from chronic arsenic poisoning – a review. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*, 41(10), 2399–2428.
- Lamont W H, 2003. Concentration of inorganic arsenic in samples of white rice from the United States. *Journal of Food Composition and Analysis*, 166, 687–695.
- 
- Lombi E, Scheckel K G, Pallon J, Carey A M, Zhu Y g and Meharg A A, 2009. Speciation and distribution of arsenic and localization of nutrients in rice grains. *New Phytol*, 184(1), 193–201.
- 
- Mensink g B M, Lage Barbosa C and Brettschneider A-K, 2016. Prevalence of persons following a vegetarian diet in Germany. *Journal of Health Monitoring* 2016 1(2). DOI 10.17886/RKI-GBE-2016-039. Zugriff am 18.11.2017.
- 
- Munera-Picazo S, Burlo F and Carbonell-Barrachina A A, 2014a. Arsenic speciation in rice-based food for adults with celiac disease. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 31(8), 1358–1366.
-

- Munera-Picazo S, Cano-Lamadrid M, Burló F, Castaño-Iglesias M C and Carbonell-Barrachina Á, 2015. Arsenic in your food: potential health hazards from arsenic found in rice. *Nutrition and Dietary Supplements*, 7, 1–10. DOI <https://doi.org/10.2147/NDS.S52027>
- 
- Naito S, Matsumoto E, Shindoh K and Nishimura T, 2015. Effects of polishing, cooking, and storing on total arsenic and arsenic species concentrations in rice cultivated in Japan. *Food Chem*, 168, 294–301.
- 
- Nearing M M, Koch I and Reimer K J, 2014. Arsenic speciation in edible mushrooms. *Environ Sci Technol*, 48(24), 14203–14210.
- 
- Ricepedia, 2018. The global staple. Zugriff am 22.01.2018, <http://ricepedia.org/rice-as-food/the-global-staple-rice-consumers>.
- 
- Rose M, Lewis J, Langford N, Baxter M, Origgi S, Barber M, MacBain H and Thomas K, 2007. Arsenic in seaweed – forms, concentration and dietary exposure. *Food Chem Toxicol*, 45(7), 1263–1267.
- 
- Signes-Pastor A J, Carey M, Carbonell-Barrachina A A, Moreno-Jimenez E, Green A J and Meharg A A, 2016a. Geographical variation in inorganic arsenic in paddy field samples and commercial rice from the Iberian Peninsula. *Food Chem*, 202, 356–363.
- 
- Swissveg, 2017. Veggie survey 2017. Zugriff am 1.10.2017, [https://www.swissveg.ch/veggie\\_survey?language=en](https://www.swissveg.ch/veggie_survey?language=en).
- 
- Taylor V, Goodale B, Raab A, Schwerdtle T, Reimer K, Conklin S, Karagas M R and Francesconi K A, 2017. Human exposure to organic arsenic species from seafood. *Sci Total Environ*, 580, 266–282.
- 
- Thomas D J and Bradham K, 2016. Role of complex organic arsenicals in food in aggregate exposure to arsenic. *J Environ Sci (China)*, 49, 86–96.
- 
- Tolins M, Ruchirawat M and Landrigan P, 2014. The developmental neurotoxicity of arsenic: cognitive and behavioral consequences of early life exposure. *Ann Glob Health*, 80(4), 303–314.
- 
- United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2005. Science issue paper: Mode of action for cacodylic acid (dimethylarsinic acid, DMAV) and recommendations for dose response extrapolation. Prepared by Health Effects Division, Office of Pesticide Programs, July 26, 2005. [https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/pdf/dma\\_moa-2.pdf](https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/pdf/dma_moa-2.pdf). Zugriff am 30.05.2018
- 
- United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2006. Revised science issue paper: Mode of action for cacodylic acid (dimethylarsinic acid, DMAV) and recommendations for dose response. <https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OPP-2006-0201-0012>. Zugriff am 30.05.2018
- 
- Williams P N, Villada A, Deacon C, Raab A, Figuerola J, Green A J, Feldmann R G and Meharg A A, 2007. Greatly Enhanced Arsenic Shoot Assimilation in Rice Leads to Elevated Grain Levels Compared to Wheat and Barley. *Environ Sci Technol*, 41, 6854–6859.
- 
- Wu C, Ye Z, Shu W, Zhu Y and Wong M, 2011. Arsenic accumulation and speciation in rice are affected by root aeration and variation of genotypes. *J Exp Bot*, 62(8), 2889–2898.
- 
- Zhao F J, Zhu Y G and Meharg A A, 2013. Methylated arsenic species in rice: geographical variation, origin, and uptake mechanisms. *Environ Sci Technol*, 47(9), 3957–3966.

## Impressum

### Schweizer Ernährungsbulletin

Herausgeber:

Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV  
Schwarzenburgstrasse 155  
3003 Bern

Layout/Illustrationen:

[lesgraphistes.ch](http://lesgraphistes.ch)

DOI: 10.24444/blv-2018-0111