

DOI 10.17590/20210209-100743

Rückläufige Jodzufuhr in der Bevölkerung: Modellszenarien zur Verbesserung der Jodaufnahme

Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR vom 9. Februar 2021

Jod ist ein lebensnotwendiges Spurenelement, das vor allem für den Aufbau von Schilddrüsenhormonen unentbehrlich ist. Die Schilddrüsenhormone haben im Körper eine zentrale Funktion bei der Steuerung einer Vielzahl von Stoffwechselprozessen und sind unter anderem für normales Wachstum, die Knochenbildung, die Entwicklung des Gehirns sowie den Energiestoffwechsel notwendig.

Jod muss mit der Nahrung aufgenommen werden. Da die Jodgehalte im Boden gering sind, enthalten Agrarprodukte sehr wenig davon. Seefisch und Meeresfrüchte weisen dagegen hohe Jodgehalte auf, tragen aber aufgrund der geringen Verzehrhäufigkeit nicht maßgeblich zur Jodversorgung bei. Insgesamt reichen die natürlichen Jodgehalte unserer Lebensmittel derzeit nicht aus, um in Deutschland eine ausreichende Jodzufuhr der Bevölkerung sicherzustellen. Durch die seit Mitte der 1980er Jahre empfohlene Maßnahme, jodiertes Speisesalz in der Lebensmittelindustrie und im Lebensmittelhandwerk sowie in Privathaushalten zu verwenden, konnte die Jodversorgung der deutschen Bevölkerung verbessert werden. Auch die Verwendung von Jod als Futtermittelzusatzstoff, die zu höheren Jodgehalten in Milch- und Milchprodukten führte, hatte zur Verbesserung der Situation beigetragen. Aktuelle Daten aus den nationalen, repräsentativen Gesundheitssurveys zeigen jedoch, dass die Jodversorgung der Bevölkerung immer noch nicht optimal ist bzw. eine rückläufige Tendenz aufweist. Parallel dazu weisen die Ergebnisse einer aktuellen Markterhebung der Universität Gießen darauf hin, dass in den vergangenen Jahren weniger jodiertes Speisesalz bei der Produktion verarbeiteter Lebensmittel verwendet wird.

In Deutschland können Hersteller selbst entscheiden, ob sie jodiertes Speisesalz in ihren Lebensmittelprodukten verwenden. Gesetzlich geregelt ist die Jodmenge, die dem Salz zugegeben werden darf. Sie liegt derzeit bei 15 bis 25 Milligramm pro Kilogramm (mg/kg).

Mit der Nationalen Reduktions- und Innovationsstrategie für Zucker, Fette und Salz in Fertigprodukten (NRI) des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) soll der Gehalt von Zucker, Fett und Salz in industriell verarbeiteten Fertigprodukten und handwerklich hergestellten Lebensmitteln in den nächsten Jahren schrittweise gesenkt werden. Dadurch soll die Häufigkeit von Übergewicht und Fettleibigkeit und damit oft einhergehenden Krankheiten verringert werden. Die wünschenswerte Reduktion des Salzverzehrs kann aber gleichzeitig zu einer verringerten Jodzufuhr über jodiertes Speisesalz führen. Diesem Umstand könnte durch Erhöhung des Jodgehalts in jodiertem Speisesalz entgegengewirkt werden.

Daher hat das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) anhand von Modellrechnungen eingeschätzt, ob eine Erhöhung der gesetzlichen Höchstmenge von Jod in Speisesalz von 25 auf 30 mg/kg das Auftreten des Risikos einer unzureichenden Jodaufnahme verringern kann, ohne gleichzeitig zu einer Überschreitung der noch tolerierbaren täglichen maximalen Aufnahme (*Tolerable Upper Intake Level*, UL) zu führen. Bei langfristigen Jodaufnahmen oberhalb des UL können gesundheitliche Beeinträchtigungen auftreten.

Die Modellszenarien, die sich bislang auf Jugendliche und Erwachsene beziehen, zeigen, dass eine Erhöhung des Jodgehalts im Salz um 5 mg/kg – unter Berücksichtigung einer erfolgreichen zehnpromzentigen Reduktion des Salzverzehrs im Rahmen der NRI – die mediane

Jodzufuhr zwar bevölkerungsweit etwas erhöht, aber insbesondere bei Frauen im gebärfähigen Alter das Auftreten des Risikos für eine unzureichende Jodaufnahme nur geringfügig senkt. Eine alleinige Erhöhung des Jodgehaltes im Salz um 5 mg/kg ist ohne Steigerung des Verwendungsgrades von Jodsalz zur Herstellung industriell und handwerklich hergestellter Lebensmittel daher nicht sachgerecht.

1 Gegenstand der Bewertung

Vor dem Hintergrund eines rückläufigen Trends der renalen Jodausscheidung bei Kindern und Jugendlichen (KIGGS-Welle 2) sowie einer rückläufigen Verwendung von Jodsalz für die Herstellung von Lebensmitteln (Bericht der Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen) bewertete das BfR, ob eine Erhöhung der zulässigen Jodkonzentration in Salz von 25 auf 30 mg pro kg Salz aus ernährungsphysiologischer und toxikologischer Sicht sachgerecht wäre. In die Bewertung sollten mögliche Effekte der im Rahmen der Nationalen Reduktions- und Innovationsstrategie (NRI) für Zucker, Fette und Salz in Fertigprodukten initiierten Salzreduktion auf die Jodzufuhr einbezogen werden.

Im Folgenden legt das BfR nunmehr seine Bewertung hinsichtlich des Nutzens und des Risikos einer Erhöhung des maximalen Jodgehaltes im Salz auf 30 mg/kg vor.

2 Ergebnis

Das BfR kommt in seiner Stellungnahme zu dem Schluss, dass eine erfolgreiche Reduktion des Salzverzehrs um 10 % durch die Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf max. 30 mg/kg (bzw. im Durchschnitt auf 25 mg/kg) noch kompensiert werden würde, da sich trotz Reduktion des Salzverzehrs die Jodaufnahme im Median geringfügig erhöhen würde. Die bestehende Prävalenz für das Auftreten des Risikos einer unzureichenden Jodzufuhr, die in der Gruppe der gebärfähigen Frauen mit 40 % bis 50 % besonders hoch ist, würde jedoch nicht wesentlich reduziert werden. Eine alleinige Erhöhung des Jodgehaltes im Salz um 5 mg/kg ist ohne Erhöhung des Verwendungsgrades von Jodsalz zur Herstellung industriell und handwerklich hergestellter Lebensmittel daher nicht sachgerecht. Aus Sicht des BfR sollten daher Maßnahmen zur Erhöhung der Verwendung von jodiertem Speisesalz zur Herstellung industriell und handwerklich hergestellter Lebensmittel ergriffen werden.

In Bezug auf die Sicherheit kann die Erhöhung des maximalen Jodgehaltes von Salz auf 30 mg/kg beim gegenwärtigen Jodsalz Verwendungsgrad von 29 % zur Herstellung kommerzieller Lebensmittel selbst ohne Reduktion des Salzverzehrs als „sicher“ betrachtet werden. Wird der maximale Jodgehalt von 30 mg/kg Salz ausgeschöpft, ist bereits in den Modellszenarien, in denen ein Verwendungsgrad von 50 % Jodsalz modelliert wurde, eine Überschreitung des *Tolerable Upper Intake Levels* (UL) durch junge Männer zu erwarten, wenn gleichzeitig jodhaltige Nahrungsergänzungsmittel (NEM) verwendet werden. Wird eine 80%-ige Verwendung von Jodsalz modelliert, ergibt sich bei jungen Männern auch ohne Berücksichtigung von NEM eine Überschreitung des UL. Im *Worst-case*-Szenario mit einem Anteil von 100 % Jodsalzverwendung würden 1,5 % der Frauen und 11,2 % der Männer den UL überschreiten.

Insgesamt kommt das BfR zu dem Schluss, dass eine Erhöhung des maximalen Jodgehaltes in Salz von 25 auf 30 mg/kg dann als sachgerecht angesehen werden kann, wenn der Verwendungsgrad von Jodsalz über alle Lebensmittel hinweg mindestens 36 % betragen und 42 % nicht wesentlich übersteigen würde.

3 Begründung

3.1 Gefährdungspotenzial einer Jodunter- und Jodübersversorgung

Gemäß der *World Health Organisation (WHO)* lässt sich der Versorgungsstatus einer Bevölkerung anhand der medianen Jod-Urinkonzentration im Spontanurin bestimmen (WHO, 2007a). Demnach weist bei Schulkindern und Erwachsenen eine Jod-Urinkonzentration von 100 bis 199 Mikrogramm pro Liter ($\mu\text{g/L}$) auf eine adäquate Jodversorgung hin. Eine Jod-Urinkonzentration von 50 bis 99 $\mu\text{g/L}$ deutet auf einen milden, von 20 bis 49 $\mu\text{g/L}$ auf einen moderaten und von $< 20 \mu\text{g/L}$ auf einen schweren Jodmangel hin. Bei schwangeren Frauen wird aufgrund des höheren Bedarfs eine Jod-Urinkonzentration von $< 150 \mu\text{g/L}$ als unzureichend eingestuft. Gemäß WHO sind stillende Frauen, obwohl sie den gleichen Bedarf wie schwangere Frauen haben, bei einer Jod-Urinkonzentration von $> 100 \mu\text{g/L}$ adäquat versorgt, da Jod auch über die Muttermilch ausgeschieden wird.

Gesundheitliche Risiken aufgrund einer zu hohen Jodaufnahme können sich gemäß WHO ergeben, wenn die mediane Jod-Urinkonzentration 300 $\mu\text{g/L}$ übersteigt (WHO, 2007a).

Sowohl eine Jodunterversorgung als auch eine Jodübersversorgung bergen gesundheitliche Risiken. In verschiedenen Studien konnte ein U-förmiger Zusammenhang zwischen der Jod-Urinausscheidung und verschiedenen Schilddrüsenparametern beobachtet werden, wie z. B. Thyreoglobulin bei Kindern (Farebrother et al., 2019; Zimmermann et al., 2013) und schwangeren Frauen (Shi et al., 2015). Thyreoglobulin ist ein empfindlicher Biomarker für den Jodversorgungsstatus von Bevölkerungsgruppen (Andersson and Herter-Aeberli, 2019) und wird ausschließlich durch die Schilddrüse produziert. Thyreoglobulin spielt eine wichtige Rolle bei der Synthese der Schilddrüsenhormone Trijodthyronin (T3) und Thyroxin (T4) und wird mit der Freisetzung der Schilddrüsenhormone ebenfalls in den Blutkreislauf sezerniert (Ma and Skeaff, 2014). Eine übermäßige oder eine mangelnde Jodzufuhr, Struma, Schilddrüsenknoten oder eine Hypothyreose sind signifikant mit höheren Thyreoglobulin-Spiegeln assoziiert (Du et al., 2017). Darüber hinaus wurde ein U-förmiger Zusammenhang zwischen der Jod-Urinausscheidung und der Strumaprävalenz (Liu et al., 2010) sowie dem Risiko einer gegen die Schilddrüse gerichtete Autoimmunität gefunden (Wang et al., 2019).

3.1.1 Jodmangel

Eine Vergrößerung der Schilddrüse (Struma oder „Kropf“) ist das klassische Anzeichen einer Jodunterversorgung und eine physiologische Anpassungsreaktion auf einen chronischen Jodmangel (Andersson and Herter-Aeberli, 2019; Zimmermann, 2014). Derartige Strumen können sowohl bei Kindern als auch Erwachsenen auftreten (WHO, 2007a). Bei lang andauerndem Bestehen von Strumen können sich sogenannte heiße Knoten bilden, die unabhängig vom Bedarf zu viel Hormon produzieren (Funktionelle Autonomie) (Domke A., 2004; Zimmermann, 2014). Diese durch eine dauerhafte Jodunterversorgung entstandenen heißen Knoten können dann bei einer zu hohen Jodaufnahme das Risiko für die Auslösung einer Hyperthyreose steigern (D-A-CH, 2015). Des Weiteren kann ein chronischer Jodmangel sowohl bei Erwachsenen als auch Kindern eine Hypothyreose auslösen, die mit einer verminderten Hormonsynthese verbunden ist. Eine Schilddrüsenunterfunktion kann mit Symptomen wie u. a. Müdigkeit, Schwäche, mentaler und körperlicher Leistungsminderung, vermindertem Grundumsatz mit Gewichtszunahme, verlangsamtem Herzschlag, trockener und blasser Haut, brüchigen Nägeln, Apathie, Konzentrationsstörungen, Appetitlosigkeit, Verstopfung und depressiven Verstimmungen einhergehen (Domke A., 2004).

Insbesondere während der Schwangerschaft kann ein Jodmangel je nach Schweregrad unterschiedliche gesundheitliche Auswirkungen haben. Lange bekannt sind die Folgen eines besonders schweren intrauterinen Jodmangels, der z. B. zu Kretinismus führen kann und

auch das Risiko für Tot- und Fehlgeburten erhöht (Zimmermann, 2012; Zimmermann and Aeberli, 2010). Mehrere Studien deuten darauf hin, dass bereits ein leichter bis mittelschwerer intrauteriner Jodmangel das Risiko für kognitive Leistungsminderungen erhöhen könnte. In Beobachtungsstudien wurde über einen niedrigeren verbalen IQ und verringerten Leistungen beim Lesen bei Kindern von Müttern mit leichtem bis mittelschwerem Jodmangel im Vergleich zu Müttern mit einer adäquaten Jodversorgung berichtet (Bath et al., 2013; Hynes et al., 2013; Levie et al., 2019; Markhus et al., 2018). Eine Jodsupplementierung während der Schwangerschaft führt zu einer gesteigerten Jod-Urinausscheidung der schwangeren Frauen (Ittermann et al., 2019; Jeon, 2011). Jedoch gibt es Hinweise, dass bezüglich der kognitiven Fähigkeiten der Kinder vor allem eine Jodsupplementierung vor oder während der frühen Schwangerschaft eine positive Wirkung haben könnte (Bougma et al., 2013; Zimmermann, 2012), während eine spätere Supplementierung diesbezüglich anscheinend keine Effekte zeigt (Gowachirapant et al., 2017). Das könnte sich dadurch erklären lassen, dass die fetale Gehirnentwicklung insbesondere während des ersten Trimesters besonders empfindlich auf eine unzureichende Jodversorgung reagiert (Levie et al., 2019). Da die fetale Schilddrüse erst in der 18. bis 20. Schwangerschaftswoche ausgereift ist, ist der Fetus während dieser Zeit ausschließlich auf den plazentalen Transfer des maternalen T4 angewiesen (Korevaar et al., 2017), weshalb eine ausreichende Jodversorgung der schwangeren Frauen während dieser Phase mit Bezug auf die kognitiven Fähigkeiten der Kinder besonders wichtig zu sein scheint.

Eine kürzlich erschienene systematische Übersicht und Meta-Analyse über die Effekte einer Jod-Supplementierung auf die Schilddrüsenfunktion und die neuronale Entwicklung von Kindern bei Schwangeren mit leichtem bis mittlerem Jodmangel zeigte keine eindeutigen Ergebnisse hinsichtlich kognitiver Effekte. Die Autoren vermuteten, dass die Inkonsistenzen in der Evidenz bei leichtem bis mittlerem Jodmangel durch Unterschiede in den Studien hinsichtlich des mütterlichen Jodstatus vor der Schwangerschaft, der Dosis und Form der Jodzufuhr, des Zeitpunktes der Supplementation und der verwendeten kognitiven Tests erklärt werden könnten (Dineva et al., 2020).

3.1.2 Überversorgung

In Gebieten mit ausreichender Jodversorgung vertragen Personen mit einer gesunden Schilddrüse im Allgemeinen Jodaufnahmemengen von bis zu 1.000 µg pro Tag ohne klinische Symptome. Das liegt daran, dass die gesunde Schilddrüse in der Lage ist, sich einem breiten Bereich der Jodzufuhr anzupassen, um die Synthese und Freisetzung von Schilddrüsenhormonen zu regulieren (Zimmermann, 2014).

Deutschland litt bis zu den 1980er Jahren unter einem lang andauernden Jodmangel, daher können hier insbesondere ältere Personen von einer funktionellen Autonomie der Schilddrüse betroffen sein (Domke A., 2004).

Bei Personen mit einer funktionellen Autonomie können jedoch Jodaufnahmen von 500 µg pro Tag und mehr das Risiko für eine jodinduzierte Hyperthyreose steigern (Domke A., 2004). Auch Personen mit einer Immunthyreopathie vom Typ Basedow könnten zusätzlich zur immunologisch bedingten Hyperthyreose bei zu hohen Jodaufnahmemengen eine jodinduzierte Hyperthyreose entwickeln (Leung and Braverman, 2014). Die Symptome einer jodinduzierten Hyperthyreose sind nahezu immer vorübergehend und umfassen Gewichtsverlust, Tachykardie, Muskelschwäche und warme Haut. Eine jodinduzierte Hyperthyreose kann jedoch gefährlich sein, wenn sie vor dem Hintergrund einer bestehenden Herzerkrankung auftritt (Zimmermann, 2014).

Bei einer exzessiven Jodaufnahme kann es bei schilddrüsengesunden Personen durch einen Anpassungsmechanismus (Wolff-Chaikoff-Effekt) zu einer vorübergehenden Blockade der Schilddrüsenhormonsynthese kommen (Burgi, 2010). Durch die anschließende Herunterregulierung des Natrium-Jodid-Symporters (NIS) innerhalb von wenigen Tagen entkommt die

Schilddrüse dem Wolff-Chaikoff-Effekt wieder (*Escape*) und die normale Hormonsynthese kann wieder fortgesetzt werden (Burgi, 2010; Pearce et al., 2016). Bei bestimmten Prädispositionen kann das *Escape*-Phänomen gestört sein und die Herunterregulierung der Hormonsynthese bleibt bestehen, wodurch es zu einer jodinduzierten Hypothyreose kommt (Burgi, 2010). Das Risiko für eine jodinduzierte Hypothyreose durch zu hohe Jodaufnahmemengen wird vor allem bei folgenden Zuständen erhöht: (i) Radiojodbehandlung bei einer Morbus Basedow-Erkrankung, (ii) partielle Thyreoidektomie bei gutartigen Knoten oder (iii) Vorliegen einer Autoimmun-Thyreoiditis, wie z. B. Hashimoto-Thyreoiditis (Burgi, 2010). Die allgemeinen Symptome einer Schilddrüsenunterfunktion wurden oben bereits erwähnt.

Bei Föten ist die Fähigkeit zum *Escape*-Mechanismus aus dem Wolff-Chaikoff-Effekt bis zur 36. Schwangerschaftswoche noch nicht vollständig ausgebildet, so dass sich eine fetale Hypothyreose in Zusammenhang mit einer sehr hohen Jodaufnahme der Mutter entwickeln kann, selbst wenn die mütterliche Schilddrüsenfunktion normal (euthyreot) ist (Pearce et al., 2016).

Eine Querschnittsstudie mit 7.190 schwangeren Frauen (4. bis 8. Schwangerschaftswoche) in China, in einer Region mit einer sehr guten Jodversorgung, hat gezeigt, dass Jod-Urinkonzentrationen ab 250 bis 500 µg/L mit einem 1,72-fach (1,13-2,61) höheren Risiko für eine subklinische Hypothyreose einhergingen (Shi et al., 2015). Ab einer Jod-Urinkonzentration von ≥ 500 µg/L wurde ein 2,17-faches (1,13-4,19) erhöhtes Risiko für eine subklinische Hypothyreose und ein 2,85-fach (1,40-5,81) erhöhtes Risiko für eine isolierte Hypothyroxinämie gefunden. Die isolierte Hypothyroxinämie ist eine besondere Form der Hypothyreose, die in der Schwangerschaft auch durch einen Jodmangel verursacht werden kann.

Tolerable Upper Intake Level (UL)

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat auf Basis von zwei kleinen Dosis-Wirkungsstudien mit 32 bzw. 10 Teilnehmern, die über eine Dauer von 14 Tagen verschiedene Wirkungsdosen bis zu 1.700 bzw. 4.500 µg Jod pro Tag erhielten, einen *Lowest Observed Adverse Effect Level* (LOAEL) von 1.700 µg abgeleitet (EFSA, 2002). Ab dieser Dosis wurde in beiden Studien eine Erhöhung der TSH-Spiegel beobachtet. Gemäß EFSA waren diese Erhöhungen zwar klinisch nicht von Bedeutung, konnten aber als Indikator für ein bestehendes Risiko für eine induzierte Hypothyreose gelten. Die EFSA wies darauf hin, dass, obwohl die beiden Studien zwar von kurzer Dauer und die Teilnehmerzahl gering waren, die Ergebnisse durch eine 5-Jahres-Studie gestützt werden, in der annähernd 1.800 µg Jod pro Tag verabreicht wurden, und in der keine klinisch relevanten Schilddrüsenpathologien zu beobachten waren. Unter Zugrundelegung eines Unsicherheitsfaktors von 3 hat die EFSA einen UL von 600 µg pro Tag für Erwachsene festgelegt. Diese Aufnahmemenge war aus Sicht der EFSA auch noch akzeptabel für schwangere und stillende Frauen. Für 1- bis 17-jährige Kinder wurde ein UL von 200 bis 500 µg pro Tag abgeleitet. Die EFSA führte jedoch auf, dass in Ländern mit einem langjährigen Jodmangel eine Aufnahme von 500 µg pro Tag bei Erwachsenen nicht überschritten werden sollte, um das Auftreten einer Schilddrüsenüberfunktion zu vermeiden (EFSA, 2002).

Die Ableitung eines ULs durch das *Institute of Medicine* (IOM) basierte auf den beiden gleichen Studien wie sie auch die EFSA verwendet hat. Jedoch legte das IOM im Gegensatz zur EFSA einen Unsicherheitsfaktor von 1,5 zugrunde, weshalb ein UL von 1.100 µg pro Tag für Erwachsene abgeleitet wurde (IOM, 2001).

Deutschland orientiert sich an dem UL der EFSA einschließlich der Empfehlung für Länder mit langjähriger Unterversorgung, da aufgrund der unzureichenden Jodversorgung in der Vergangenheit in Deutschland bei älteren Menschen noch mit funktionellen Autonomien der

Schilddrüse zu rechnen ist. Daher wurde auch von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) ein UL von 500 µg pro Tag für Erwachsene als sinnvoll angesehen (D-A-CH, 2015).

3.2 Exposition

3.2.1 Datengrundlagen

Repräsentative Daten zur Jodaufnahme von Erwachsenen liegen in Deutschland aus der Nationalen Verzehrstudie II (NVS II) am Max Rubner-Institut (MRI), der Expositionsschätzung auf Basis der Jod-Gehaltsdaten aus der BfR-MEAL-Studie am Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR-MEAL-Studie: **M**ahlzeiten für die **E**xpositionsschätzung und **A**nytik von **L**ebensmitteln) und aus der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1) am Robert Koch-Institut (RKI) vor.

NVS II (kombiniert mit dem Bundeslebensmittelschlüssel - BLS):

Im Rahmen der NVS II wurden in den Jahren 2005–2007 19.329 Männer und Frauen im Alter von 14 bis 80 Jahren zu ihrem Lebensmittelverzehr und ihrem Ernährungsverhalten befragt. Dabei wurde der übliche Lebensmittelverzehr in einem Zeitraum von vier Wochen mit Hilfe eines *Diet-History-Interviews* (DHI) erfasst, während der aktuelle Lebensmittelverzehr an zwei unabhängigen Tagen mittels *24h-Recall* erhoben wurde. Zur Ermittlung der Nährstoffzufuhr wurden die Ergebnisse aus beiden Methoden mit den Nährstoffgehaltsdaten des Bundeslebensmittelschlüssels (BLS Version II.4/3.01/3.02) berechnet. Die Nährstoffaufnahmemengen, die sich aus dem *Diet-History-Interview* ergeben, wurden im NVS II-Ergebnisbericht Teil 2 (MRI, 2008) und die Nährstoffaufnahmemengen, die sich aus den beiden *24h-Recalls* ergeben, im 12. Ernährungsbericht der DGE (DGE, 2012) veröffentlicht.

Die im Rahmen der NVS II ermittelten Jodaufnahmemengen enthalten, von einzelnen Ausnahmen abgesehen, kein Jod aus Jodsalz, da a) die private Verwendung von Jodsalz und der individuelle Salzverzehr, der sich durch Zusalzen ergibt, nicht erfasst wurden und b) die im Bundeslebensmittelschlüssel (BLS) 3.01/02 enthaltenen Jodgehalte der Lebensmittel eine mögliche Herstellung mit Jodsalz ebenfalls nicht berücksichtigen. Die Verwendung von Jodsalz wurde jedoch im Rahmen der NVS II modelliert (siehe 3.2.3).

BfR-MEAL-Studie – NVS II:

In der BfR-MEAL-Studie wurden erstmals, repräsentativ für den Lebensmittelverzehr der deutschen Bevölkerung, Gehaltsdaten zu erwünschten und unerwünschten Substanzen in Lebensmitteln generiert (Sarvan et al., 2017).

Jod wurde im Basismodul der BfR-MEAL-Studie in allen 356 Lebensmitteln der MEAL-Lebensmittelliste untersucht. Basierend auf den *24h-Recalls* der NVS II, deckt die MEAL-Lebensmittelliste mindestens 90 % der durchschnittlichen Lebensmittelzufuhr verschiedener Altersgruppen der Bevölkerung Deutschlands ab und berücksichtigt zudem selten verzehrte Lebensmittel mit bekanntermaßen hohen Gehalten an unerwünschten Stoffen. Die Lebensmittel wurden deutschlandweit in vier verschiedenen Regionen eingekauft, wobei die Produktauswahl die unterschiedlichen Einkaufsgewohnheiten der deutschen Bevölkerung sowie regionale als auch saisonale Besonderheiten berücksichtigt. Die der repräsentativen Zusammenstellung der Proben zugrundeliegenden Informationen wurden über Verbraucherstudien erhoben sowie aus Marktdaten generiert. Die Lebensmittel wurden in der MEAL-Studienküche unter Nachbildung des typischen Verbraucherverhaltens zubereitet. Anschließend wurden die Lebensmittel und Gerichte gepoolt (zusammengefasst) und homogenisiert.

Für die Untersuchung auf Jod wurden insgesamt 840 Pools aus jeweils 15-20 Einzellebensmitteln gebildet. Die Pools repräsentieren die Kombinationen verschiedener Einkaufs-Regionen (National, Ost, Süd, West, Nord), Einkaufs-Zeitpunkte (Nicht saisonal, Saison 1, Saison 2) und Erzeugungsarten (unspezifisch, biologisch, konventionell). Die 356 Lebensmittel wurden 19 Lebensmittelgruppen zugeordnet.

Die in der MEAL-Studie analysierten Lebensmittelpools enthalten (entsprechend ihres Marktanteiles) auch industriell und handwerklich hergestellte Produkte (im Folgenden als kommerzielle Lebensmittel bezeichnet), die mit Jodsalz hergestellt wurden. Für die Herstellung von Mahlzeiten und Produkten in der MEAL-Küche wurde jedoch kein Jodsalz verwendet.

Für eine Schätzung der mittleren Jod-Exposition der Jugendlichen und Erwachsenen in Deutschland wurden die im Rahmen der BfR-MEAL-Studie analysierten Jodkonzentrationen in verschiedenen Lebensmittelgruppen mit Verzehrdaten aus den 24h-Recalls von 13.926 Studienteilnehmenden der NVS II verrechnet.

DEGS1:

Im Rahmen von DEGS1 hat das RKI von 2008 bis 2011 umfassende Gesundheitsdaten zur in Deutschland lebenden Erwachsenenbevölkerung gesammelt. Dabei wurden von nahezu allen Studienteilnehmenden auch Spontanurinproben gewonnen.

Als Berechnungsbasis für die Bewertung der Jodversorgung dienten die Konzentrationen von Natrium und Jod in den Spontanurinproben von 7.238 Studienteilnehmenden. Die Konzentration beider Parameter wurde zunächst auf den Kreatinin-Gehalt im Urin normiert und anschließend unter Nutzung altersstandardisierter Kreatinin-Ausscheidungsmengen pro Tag für alle Studienteilnehmenden in Ausscheidungsmengen von Natrium und Jod für den Tag der Urinabgabe umgerechnet. Da die Natrium- und Jod-spezifischen Ausscheidungsbilanzen aus anderen Studien bekannt sind, konnte anhand der Ausscheidungsmengen die Salz- und Jodaufnahme der Studienteilnehmenden geschätzt werden.

Die nach dieser Methode ermittelten Jodaufnahmemengen (Johner et al., 2016; Remer and Thamm, 2015) spiegeln die Jodgesamtaufnahme der Studienteilnehmenden am Tag der Urinabgabe wieder, die eine realistische Bewertung der Jodversorgung der Population¹, jedoch keine Differenzierung nach den jeweiligen Jodquellen (Jodsalz, sonstige Lebensmittelgruppen, Nahrungsergänzungsmittel, Arzneimittel) ermöglichen.

3.2.2 In den Studien ermittelte Jodaufnahmemengen von Erwachsenen in Deutschland

Die auf Basis repräsentativer Studien mit Erwachsenen aus Deutschland ermittelten Jodaufnahmemengen in den Perzentilen 25, 50 (Median), 75 und 95 wurden vergleichend dargestellt (Tabelle 1 und Tabelle 2). Wie erwartet, ergeben sich aus den Studien, in denen Jod aus Jodsalz nicht (NVS II) (DGE, 2012; MRI, 2008, 2011) bzw. nur teilweise berücksichtigt wurde (BfR-MEAL-Studie), geringere Aufnahmemengen als aus DEGS1 (Johner et al., 2016; Remer and Thamm, 2015), in der die Jodgesamtaufnahme auf der Basis endogener Biomarker ermittelt wurde.

Tabelle 1: Jodaufnahmemengen von Männern in Deutschland auf Basis der verschiedenen Erhebungen

Datengrundlage	Quelle	Männer (µg pro Tag)				
		N	P25	Median	P75	P95
NVS II DHI (BLS II.4; ohne Jodsalz)	MRI, 2008	7.093	78	99	127	184
NVS II DHI (BLS 3.01 mod.; ohne Jodsalz)	MRI, 2011	7.093	85	110	140	216

¹ Die Jodversorgung von einzelnen Individuen lässt sich dadurch nicht ermitteln, da die jeweilige tägliche Jodaufnahme Schwankungen unterliegen kann.

NVS II 24h-Recalls (BLS 3.02; ohne Jodsalz)	DGE, 2012	6.160	70*	86	106*	147*
BfR-MEAL-Studie (konventionell**)	BfR	6.257	88	115	149	218
BfR-MEAL-Studie (biologisch**)	BfR	6.257	84	110	142	207
DEGS1 Gesamtjod	Remer et al., 2015	3.355	85	126	184	372***

Tabelle 2: Jodaufnahmemengen von Frauen in Deutschland auf Basis der verschiedenen Erhebungen

Datengrundlage	Quelle	Frauen (μg pro Tag)				
		N	P25	Median	P75	P95
NVS II DHI (BLS II.4; ohne Jodsalz)	MRI, 2008	8.278	70	92	119	174
NVS II DHI (BLS 3.0 mod.; ohne Jodsalz)	MRI, 2011	8.278	72	91	117	171
NVS II 24h-Recalls (BLS 3.02; ohne Jodsalz)	DGE, 2012	7.593	62*	75	92*	129*
BfR-MEAL-Studie (konventionell**)	BfR	7.669	76	99	125	176
BfR-MEAL-Studie (biologisch**)	BfR	7.669	72	95	120	169
DEGS1 Gesamtjod	Remer et al., 2015	3.648	82	125	193	372***

* Im 12. Ernährungsbericht der DGE (DGE, 2012) wurden nur die Mediane und das jeweilige Vertrauensintervall der Nährstoffzufuhren berechnet. Die in der Tabelle angegebenen Perzentilen wurden vom MRI auf Anfrage des BfR zur Verfügung gestellt.

** In der Expositionsschätzung auf Basis der MEAL-Daten wurden verschiedene Aufnahmeszenarien berechnet. Die vorliegende Risikobewertung stützt sich vor allem auf die Ergebnisse der so genannten *Upper-Bound*-Szenarien, in denen für alle Lebensmittel, in denen ein Jodgehalt unterhalb der Nachweisgrenze bestimmt wurde, die Nachweisgrenze als Jodgehalt eingesetzt wurde. Es werden jeweils die Ergebnisse, die mit den Gehaltsdaten der konventionell hergestellten Lebensmittel und der Bioprodukte ermittelt wurden, dargestellt. Die Verwendung von Jodsalz im Haushalt ist in den Daten nicht enthalten.

*** Die in DEGS1 ermittelte Jodaufnahme in der P95 wurde anhand der DEGS1 Gesamtpopulation ermittelt und ist nicht in Remer et al., 2015 enthalten. Diese Angabe wurde dem BfR auf Anfrage von den Verfassern des Projektberichtes zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse der NVS II für die Jodaufnahme aus Lebensmitteln lassen methodische Differenzen zwischen den Erhebungsinstrumenten erkennen. So werden aus den Verzehrdaten der *Diet-History-Interviews* mit (♂) 99/110 und (♀) 92/91 μg Jod pro Tag höhere mediane Jod-Aufnahmemengen aus Lebensmitteln berechnet als aus den Verzehrdaten der 24h-Recalls mit (♂) 86 und (♀) 75 μg Jod pro Tag. Die Schwächen und Stärken der jeweiligen Erhebungsinstrumente sowie die Unterschiede in den Ergebnissen der NVS II wurden vom MRI, nicht jedoch spezifisch für die Jodaufnahme, diskutiert (Eisinger-Watzl et al., 2015; Strassburg et al., 2019).

Die Expositionsschätzung, in der die Jod-Gehaltsdaten der BfR-MEAL-Studie mit Verzehrdaten aus den 24h-Recalls der NVS II verknüpft wurden, liefert mit (♀) 99/95 (konventionell/biologisch) bzw. (♂) 115/110 (konventionell/biologisch) μg Jod pro Tag ca. 30 % höhere mediane Aufnahmemengen für Jod als die 24h-Recall-basierten Berechnungen der NVS II. Dabei zeigt sich, dass mit konventionell hergestellten Lebensmitteln geringfügig höhere Jodaufnahmen erzielt werden als mit biologisch erzeugten Produkten. Die um etwa 30 % höheren Jodaufnahmemengen, die auf Basis der Gehaltsdaten der MEAL-Studie ermittelt wurden, im Vergleich zu den Jodaufnahmemengen, die in der NVS II auf Basis des BLS ermittelt wurden, lassen sich darauf zurückführen, dass in der MEAL-Studie nach Marktanteilen und Verzehrgewohnheiten zusammengestellte Lebensmittelpools analysiert wurden, in denen auch industriell und handwerklich mit Jodsalz hergestellte Produkte enthalten waren. Das zeigt sich in der Expositionsschätzung auf Basis der MEAL-Daten u.a. auch daran, dass sowohl bei Verwendung von biologisch erzeugten Produkten als auch von konventionell hergestellten Lebensmitteln die Fleisch- und Wurstwaren mit einem Jodbeitrag von 15 % bzw. 13 % als zweit- bzw. dritt wichtigste Jodquelle ermittelt wurden (Abbildung 1). In der NVS II werden dagegen die Fleisch- und Wurstwaren (ohne Jodsalz) nicht unter den wichtigsten Jodquellen genannt (MRI, 2008). Damit spiegelt die in der BfR-MEAL-Studie getroffene Le-

bensmittelauswahl durchaus die Ergebnisse einer repräsentativen Markterhebung der Universität Gießen, nach der 48 % der Fleisch- und Wurstwaren mit Jodsalz hergestellt werden (Bissinger et al., 2018), wider.

Die Biomarker-basierten medianen Jod-Gesamtaufnahmemengen aus DEGS1 übersteigen mit (♀) 125 bzw. (♂) 126 µg pro Tag die auf Basis von Verzehr- und Gehaltsdaten ermittelten Jodaufnahmen um 10–67 % (je nach Datengrundlagen und Geschlecht). Da die DEGS1-Daten der Jodgesamtaufnahme entsprechen, spiegeln sie am besten die tatsächliche Jodversorgung der Erwachsenen in Deutschland wider. An diesen Daten fällt jedoch auf, dass die Aufnahmemenge in der 95. Perzentile mit 372 µg Jod pro Tag etwa das 3-Fache der medianen Aufnahmemenge beträgt, während in den Auswertungen der Jodaufnahme auf Basis des Lebensmittelverzehr die Aufnahmemengen in den 95. Perzentilen lediglich das 1,7- bis 1,9-Fache der medianen Aufnahmemengen betragen. Diese Differenz kann sich aus mindestens zwei Gründen ergeben. Zum einen ist in den NVS II-basierten Aufnahmeschätzungen (anhand BLS- und MEAL-Daten) der Anteil Jod, der mit Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) (und ggf. auch über Arzneimittel) aufgenommen wird, nicht enthalten und zum anderen kann ein höherer Verwendungsgrad von Jodsalz und/oder jodsalzhaltigen Lebensmitteln bei einem Teil der Studienteilnehmer auch zu höheren Jodaufnahmemengen, als bei durchschnittlichem Verwendungsgrad erreicht wird, führen.

Aus den DEGS1-Daten kann zwar nicht direkt auf einzelne Jodquellen zurückgeschlossen werden, jedoch ergibt sich aus dem Verhältnis des Median zur P95 sowohl ein Hinweis darauf, dass neben den Lebensmitteln weitere Jodquellen, wie z. B. NEM, vorhanden sein müssen und dass die Berechnungen der Exposition auf Basis von Lebensmittelverzehr und Gehaltsdaten in den hohen Aufnahmeperzentilen die tatsächliche Jod-Aufnahmemenge eher unterschätzen. Beide Faktoren sind insbesondere bei der Bewertung gesundheitlicher Risiken, die sich aus zu hohen Aufnahmemengen ergeben können, relevant.

3.2.3 Der Anteil von Jodsalz an der Jodaufnahme in Deutschland

Keine der bundesweit repräsentativen Studien (NVS II, BfR-MEAL-Studie, DEGS1) erlaubt eine direkte Ermittlung des Beitrages von Jodsalz an der Jodversorgung in Deutschland. Da sowohl der Verwendungsgrad von Jodsalz im Haushalt als auch bei der industriellen und handwerklichen Herstellung von Lebensmitteln sowie die Jodkonzentration im Jodsalz die wichtigsten Stellschrauben der Jodprophylaxe über Jodsalz darstellen, wurden im Kontext aller drei Studien Modellrechnungen durchgeführt, um den Beitrag von Jodsalz an der Jodversorgung abzuschätzen.

NVS II:

Für die Schätzung des Jodverzehr aus Jodsalz wurde im Rahmen der Auswertung der NVS II eine zusätzliche Jod-Variable in den BLS integriert, in der für alle Rezepte und Mischungen (zusammengesetzte Lebensmittel), die Speisesalz als Zutat enthalten, eine Herstellung mit Jodsalz angenommen wurde. Mit Ausnahme von Käse und einigen Back- und Teigwaren wurden alle Lebensmittel, die Salz enthalten, entsprechend mit Jod angereichert (MRI, 2008; MRI, 2011). In der simulierten Anreicherung aller Mischungen und Rezepte mit jodiertem Speisesalz (entspricht 100 % Jodsalzverwendung) wurde eine mediane Jodaufnahme von (♀) 185/219 bzw. (♂) 233/290 µg pro Tag und eine Aufnahme im P95 von (♀) 310/367 bzw. (♂) 412/522 µg pro Tag modelliert. Allerdings wird mit dem 100 % Jodsalz-Szenario die tatsächliche Jodaufnahme in der deutschen Bevölkerung eher überschätzt (MRI, 2008; MRI, 2011).

Auf Basis des BLS 3.01 unter Einbeziehung von Korrekturen der Jodgehalte in Kräuter-, Früchte- und Pfefferminztees (= BLS 3.01 modifiziert) hat das MRI in 2011 die Jodaufnahme unter Berücksichtigung von Jodsalz für die Szenarien „ohne Jodsalz“, „30%-iger, 80%-iger und 100%-iger Verwendungsgrad von Jodsalz“ in den Mischungen und Rezepten des BLS modelliert (MRI, 2011). Durch Abzug der Jodaufnahmemengen ohne Jodsalz von den Jodaufnahmemengen in den drei Jodsalzszenarien konnte für alle Studienteilnehmenden die modellierte Jodaufnahme aus Jodsalz berechnet werden. Die jeweiligen Aufnahmeperzentile der salzbedingten Jodaufnahme für alle Szenarien sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Modellierte Jodaufnahme aus Jodsalz von Erwachsenen in Deutschland auf Basis der NVS II

Aufnahme von Jod aus Jodsalz		Männer (µg pro Tag)				Frauen (µg pro Tag)			
Datengrundlage	Quelle*	P25	Median	P75	P95	P25	Median	P75	P95
NVS II DHI(30 % Jodsalz)	MRI, 2011	39	51	68	101	27	35	46	66
NVS II DHI (80 % Jodsalz)	MRI, 2011	106	139	185	277	74	97	125	182
NVS II DHI (100 % Jodsalz)	MRI, 2011	134	176	233	348	93	122	157	230

*In der Quelle MRI, 2011 werden die Jodaufnahmemengen aus allen Lebensmitteln für alle Szenarien angegeben, jedoch nicht die separaten Jodaufnahmemengen aus Jodsalz. Am BfR liegen jedoch die SPSS-Tabellen mit den Jodaufnahmedaten aller Studienteilnehmenden in allen Szenarien des MRI vor, die dem MRI-Bericht zugrunde liegen. Aus den Tabellen konnte die separate Jodaufnahme aus Jodsalz für jedes Szenario berechnet werden.

Alle Modellierungen zur Abschätzung der Aufnahme von Jod aus Jodsalz im Rahmen der NVS II wurden mit den Verzehrdaten der *Diet-History-Interviews* durchgeführt. Die Verzehrdaten der *24h-Recalls* wurden bisher nicht für Modellrechnungen verwendet.

BfR-MEAL-Studie:

In den Lebensmittelpools der MEAL-Studie sind bereits handwerklich und industriell mit Jodsalz hergestellte Produkte entsprechend ihres Marktanteils enthalten. Für die Zubereitung der Lebensmittel in der MEAL-Studienküche wurde jedoch kein jodiertes Speisesalz verwendet, um die Aufnahme aus natürlichen Quellen und industrieller Verwendung getrennt von der Verwendung von Jodsalz im Haushalt darstellen zu können.

Jodsalz wird von etwa 84 % der Bevölkerung Deutschlands im Haushalt verwendet (Scriba et al., 2007). Um diese weitere Jodaufnahmequelle zu berücksichtigen, wird ein zusätzliches Szenario „mit Jodsalz im Haushalt“ betrachtet: Der Anteil der Salz-Zufuhr über Kochen im Haushalt und Zusatzsalz wird auf 10 bis 11 % der Salz-Gesamtzufuhr geschätzt (Mattes and Donnelly, 1991; Zimmermann, 2010) und die Salz-Gesamtzufuhr in Deutschland auf der Basis von Natriumkonzentrationen im Urin auf 8,4 bzw. 10 g pro Tag (Median, Frauen bzw. Männer) (Johner et al., 2016; Remer and Thamm, 2015). Somit nehmen Frauen bzw. Männer, die Jodsalz (mit 20 mg Jod/kg) im Haushalt verwenden, im Median zusätzlich etwa 18 bzw. 21 µg Jod pro Tag auf. Im Szenario „mit Jodsalz im Haushalt“ ergeben sich daraus mediane Jodaufnahmemengen von (♀) 117/113 bzw. (♂) 136/131 µg pro Tag (UB, konventionelle/biologische Lebensmittel).

Der Salz-bedingte Jodverzehr aus mit Jodsalz hergestellten kommerziellen Lebensmitteln in den Ergebnissen auf Basis der MEAL-Daten lässt sich anhand eines Vergleichs mit der ebenfalls mit den *24h-Recalls* der NVS II verrechneten BLS-basierten Aufnahmeschätzung, (DGE, 2012) abschätzen. Da in den BLS-basierten-Ergebnissen keine mit Jodsalz hergestellten kommerziellen Lebensmittel berücksichtigt wurden, sollte die Differenz der Jodaufnahme zwischen beiden Ergebnissen die Salz-bedingte Jodaufnahme aus handwerklich und industriell hergestellten Lebensmitteln widerspiegeln. Die berechnete Jodaufnahme aus Jodsalz, welches in diesen Produkten verwendet wird, ist in Tabelle 4 in Szenario 1 und 3 dargestellt („BfR-MEAL-Studie (UB, konventionell, ohne Jodsalz im HH)“ und „BfR-MEAL-Studie (UB, biologisch, ohne Jodsalz im HH)“).

Zusätzlich wurde in Tabelle 4 jeweils ein Szenario berechnet (Szenario 2 und 4), in dem die tägliche Verwendung von Jodsalz im Haushalt (♀: 18 bzw. ♂: 21 µg am Tag) aufaddiert wurde, um die potentielle Gesamtmenge der täglichen Aufnahme aus jodiertem Salz zu schätzen.

Tabelle 4: Berechnete Jodaufnahme aus Jodsalz auf Basis der BfR-MEAL-Studie und den 24h-Recalls der NVS II

Mit und ohne Berücksichtigung der Verwendung von Jodsalz im Haushalt (♀: 18 bzw. ♂: 21 µg am Tag)

Salz-bedingte Jodaufnahme mit und ohne Jodsalz im HH	Männer (µg pro Tag)				Frauen (µg pro Tag)			
	P25	Median	P75	P95	P25	Median	P75	P95
Datengrundlage								
1. BfR-MEAL-Studie (UB, konventionell, ohne Jodsalz im HH)	18	29	46	71	14	24	34	47
2. BfR-MEAL-Studie (UB, konventionell, mit Jodsalz im HH)	39	50	67	92	32	42	52	65
3. BfR-MEAL-Studie (UB, biologisch, ohne Jodsalz im HH)	13	24	39	61	10	20	28	41
4. BfR-MEAL-Studie (UB, biologisch, mit Jodsalz im HH)	34	45	60	82	28	38	46	59

UB: Upper Bound

DEGS1:

Die in DEGS1 ermittelten Aufnahmemengen für Salz und Jod von 6.738 Studienteilnehmenden mit vollständigen Datensätzen für die Spontanurinwerte (Natrium, Jod und Kreatinin), den BMI und das Alter wurden mittels linearer Regression bezüglich Alter, Geschlecht und BMI adjustiert (Esche et al., 2019). Unter Verwendung der Regressionsgleichung wurden adjustierte Jodaufnahmemengen als Funktion der Salzaufnahme berechnet, wobei sich am Punkt Null der Salzaufnahme eine Jodaufnahme von 73,7 µg pro Tag ergab, die dem Salz-unabhängigen Anteil an der Jodgesamtaufnahme aus Lebensmitteln entspricht. Am Median der Salzaufnahme von 9,3 g am Tag betrug der Median der Jodgesamtaufnahme 126,2 µg am Tag. Durch einfache Subtraktion der Salz-unabhängigen Jodaufnahme von der medianen Jodgesamtaufnahme wurde eine Salz-bedingte Jodaufnahme von 52,5 µg pro Tag ermittelt, was 42 % der medianen Jodgesamtaufnahme entspricht. Unter der Annahme, dass in Deutschland der Jodgehalt im Jodsalz durchschnittlich 20 µg Jod pro g Salz beträgt, entsprechen 52,5 µg Jod einer Salzmenge von 2,6 g Jodsalz bzw. 28 % Jodsalz bezogen auf die mediane Gesamt-Salzaufnahme.

Der in DEGS1 ermittelte mediane Verzehr von 2,6 g Jodsalz bzw. 52,5 µg Jod aus Salz spiegelt sowohl die im Haushalt verwendete Jodsalzmenge als auch das Jodsalz aus kommerziellen Lebensmitteln der DEGS1-Gesamtpopulation (Männer und Frauen) wider.

Allerdings wurde die anhand der DEGS1-Daten ermittelte Salz-bedingte Jodaufnahme lediglich für den Median publiziert (Esche et al., 2019), da sich methodisch bedingte Unsicherheiten, wie z.B. der NEM-Verzehr, in den Berechnungen der höheren Aufnahme-Perzentilen stärker auswirken.

Auch wenn die Ergebnisse in den oberen Verzehrperzentilen mit mehr Unsicherheit behaftet sind als am Median, kann auf deren Ermittlung in der Risikobewertung nicht verzichtet werden. Auf Anfrage wurden dem BfR daher die Salz-bedingten Jodaufnahmemengen, die für die Perzentile P75 und P95 pro Tag aus DEGS1 berechnet wurden, von Dr. Esche und Prof. Dr. Remer zur Verfügung gestellt.

Tabelle 5 Gesamtsalz- und Gesamtjodzufuhr aus DEGS1 und daraus abgeleitete Anteile der Jodzufuhr aus Jodsalz

	P50 (Median)	P75	P95
Gesamtsalzzufuhr (g pro Tag)	9,3	13,7	22,5
Gesamtjodzufuhr (µg pro Tag)	126,2*	188,2	372,3

Jod aus Jodsalz (μg pro Tag)	52,5**	79,0***	156,4***
Jod aus Lebensmitteln (μg pro Tag)	73,7**	109,2***	215,9***

* Median gemäß *predicted Values*, weicht geringfügig von Originaldaten nach Johner et al. ab (Johner et al., 2015).

** abgeleitet aus *predicted values* nach Esche et al. (Esche et al., 2019)

*** Kalkulations-Basis: Medianer Anteil der Jodzufuhr aus Jodsalz nach Esche et al. (Esche et al., 2019) in Prozent (42 %) sowie original DEGS1-Messdaten nach Johner et al. (Johner et al., 2015) und (Johner et al., 2016)

Die medianen Jodaufnahmemengen, die im Kontext der drei Studien (bei Berücksichtigung des 30 % Jodsalzverwendungsszenarios der NVS II) modelliert wurden, bestätigen sich trotz der Unterschiede in den jeweiligen Datengrundlagen und Erhebungsinstrumenten gegenseitig sehr gut (Abbildung 1). Mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit kann daher davon ausgegangen werden, dass Männer im Median etwa 50 μg und Frauen zwischen 35 und 50 μg Jod am Tag aus Jodsalz aufnehmen. Damit liefert Jodsalz in Deutschland etwa ein Drittel der von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) empfohlenen täglichen Jod-Aufnahmemenge für Erwachsene von 150 μg am Tag (EFSA, 2014).

Auch in den oberen Verzehrperzentilen (P75 und P95) ergeben die Modellierungen aus den BLS- und MEAL-basierten Schätzungen eine vergleichbare Salz-bedingte Jodaufnahme, während sich in der Modellierung aus den DEGS1-Daten deutliche höhere Salz-bedingte Jodaufnahmemengen abzeichnen. Wie bereits unter Punkt 3.2.2 erwähnt, muss auch hier davon ausgegangen werden, dass die aus DEGS1 abgeleiteten Salz-bedingten Jodaufnahmemengen in den hohen Perzentilen vermutlich nicht allein auf einen individuell höheren Verwendungsgrad von Jodsalz zurückzuführen sind, sondern durch andere Jodquellen (wie z. B. NEM und evtl. Arzneimittel) verzerrt werden.

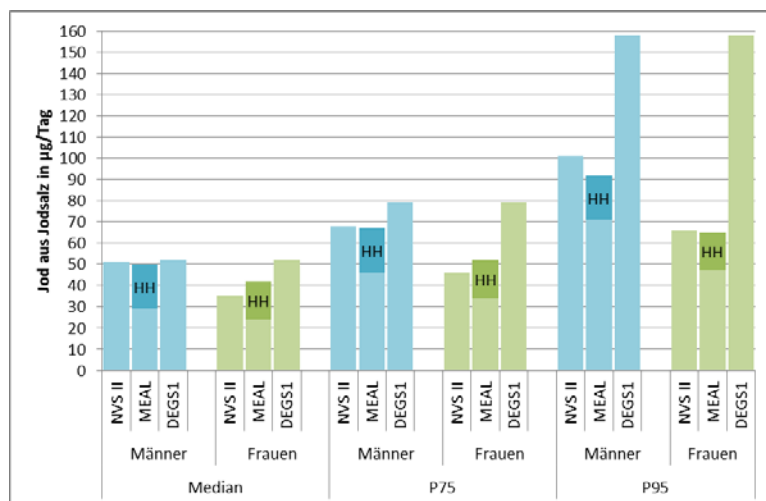


Abbildung 1: Salz-bedingte Jodaufnahme in den Perzentilen 50 (Median), 75 und 95.

Modelliert anhand der Daten der NVS II (BLS mit 30 % Jodsalz-Verwendung), der BfR-MEAL-Studie (UB, konventionelle Lebensmittel + Jodsalz im Haushalt (HH)) und DEGS1. HH (dunkelschattiert) entspricht dem geschätzten Anteil von Jodsalz aus der Verwendung von Salz im Haushalt in der MEAL-Expositionsschätzung. Anteile der Jodaufnahme aus Jodsalz aus DEGS1 wurden nur für die Gesamtpopulation berechnet, weshalb für Männer und Frauen dieselben Werte verwendet wurden.

3.3 Identifizierung von Risikogruppen

Sowohl eine zu geringe als auch eine zu hohe Aufnahme von Jod ist mit gesundheitlichen Risiken verbunden. Daher sollen anhand der Daten zur Jodaufnahme von Erwachsenen in Deutschland Subpopulationen, die dem Risiko einer unzureichenden bzw. einer zu hohen Jodaufnahme ausgesetzt sind, identifiziert und charakterisiert werden. Dazu wird die Jodzufuhr anhand geeigneter Referenzwerte, wie Schätzwerten für den Durchschnittsbedarf (EAR - *Estimated Average Requirement*), Schätzwerten zur Deckung des adäquaten Bedarfs (AI - *Adequate Intake*) bzw. Zufuhrempfehlungen (RDA - *Recommended Dietary Allowance*) sowie „sicheren“ oberen Aufnahmemengen (UL - *Tolerable Upper Intake Levels*), bewertet.

3.3.1 Risikogruppen für eine unzureichende Jodaufnahme

Referenzwerte für die Jodzufuhr von Jugendlichen und Erwachsenen liegen mit 180-200 µg pro Tag von der DGE, mit 130-150 µg pro Tag von der EFSA sowie mit 150 µg pro Tag vom *Food and Nutrition Board* (FNB) des amerikanischen *Institute of Medicine* (IOM) vor.

Schwangeren und Stillenden werden von den drei Gremien Tageszufuhrmengen von 220 bis 290 µg empfohlen (Tabelle 6). Im Unterschied zu den Referenzwerten der DGE und der EFSA wurde der vom FNB entwickelte Referenzwert (RDA) auf Basis eines physiologischen Durchschnittsbedarfs (EAR), der mit 95 µg pro Tag anhand des Jodumsatzes der Schilddrüse in Humanstudien ermittelt wurde, abgeleitet. Den Zufuhrempfehlungen für Schwangere und Stillende wurden Aufschläge für den Jodbedarf des Fetus bzw. des Säuglings hinzuaddiert (IOM, 2001).

Tabelle 6: Zufuhrreferenzwerte für Jod (Schätzwerte, Adäquate Aufnahmen, Empfehlungen) und geschätzter Durchschnittsbedarf für Jugendliche und Erwachsene gemäß verschiedener Gremien

Alter [Jahre]	Schätzwert für die Zufuhr (D-A-CH, 2015)	Adäquate Aufnahme (AI) (EFSA, 2014)	Zufuhrempfehlung (RDA) (IOM, 2001)	Durchschnittsbedarf (EAR) (IOM, 2001)
	[µg/Tag]	[µg/Tag]	[µg/Tag]	[µg/Tag]
14 bis 17	200	130	150	95
18 bis 50	200	150	150	95
> 51	180	150	150	95
Schwangere	230	200	220	160
Stillende	260	200	290	209

Sowohl der physiologische Nährstoffbedarf als auch die Nährstoffaufnahme stellen in einer gegebenen Population keine Fixgrößen dar, sondern unterliegen einer je eigenen Verteilung, die vereinfachend als Normalverteilung angenommen wird. An Zufuhrreferenzwerte wird der Anspruch gestellt, dass sie 97-98 % der physiologischen Bedarfswerte in der Population abdecken sollen. Daher wird dem physiologischen Durchschnittsbedarf für einen Nährstoff (EAR), der theoretisch dem Median der Bedarfsverteilung entspricht, die doppelte Standardabweichung hinzuaddiert, um eine Zufuhrempfehlung (RDA) für den Nährstoff zu etablieren. Ist die Standardabweichung auf Grund fehlender Daten nicht berechenbar, wird sie mit einem *default-Wert* von 10 % des EAR festgesetzt.

Die RDA repräsentiert damit einen sehr hohen physiologischen Bedarf (97.–98. Bedarfsperzentile) weshalb die meisten Mitglieder einer Population (97–98 %) mit einer täglichen Nährstoffaufnahme in Höhe der RDA bereits mehr von dem Nährstoff aufnehmen würden, als sie physiologisch tatsächlich benötigen. Aus diesem Grund ist die RDA als Bewertungsmaß für den Versorgungszustand einer Population nur beschränkt geeignet. Zur Identifikation von Risikogruppen für eine unzureichende Jodversorgung wird daher die *EAR cut-point-Methode* des FNB/IOM herangezogen (IOM, 2006).

Der EAR entspricht dem medianen physiologischen Bedarf für einen Nährstoff in einer Population. Unter der Annahme, dass beim Einzelnen die Zufuhr eines Nährstoffes unabhängig vom physiologischen Bedarf erfolgt, kann eine Zufuhr unterhalb des EAR durchaus bedarfsdeckend sein, wenn zufällig auch der Bedarf des Einzelnen unterhalb des Durchschnittsbedarfes liegt. Andererseits kann eine Zufuhr oberhalb des EAR beim Einzelnen den Bedarf verfehlen, wenn dieser zufällig einen noch höheren Bedarf hat, als der Nährstoff tatsächlich verzehrt wird.

Unter der Voraussetzung, dass die Aufnahmeverteilung für den Nährstoff symmetrisch ist, ist die statistische Wahrscheinlichkeit des Individuums, einen Nährstoff unterhalb des eigenen Bedarfes aufzunehmen, auf beiden Seiten des EAR gleich groß. In der Aufnahmeverteilung kann daher auf beiden Seiten des EAR der gleiche Anteil an Personen erwartet werden, die

vom Risiko für eine Unterversorgung betroffen sind. Die Anzahl der Personen mit einer bedarfsdeckenden Aufnahme unterhalb des EAR, kann daher gegen die Anzahl der unterversorgten Personen mit einer Aufnahme oberhalb des EAR aufgewogen werden. Somit ist eine individuelle Nährstoffaufnahme unterhalb des EAR zwar kein Beleg für eine Unterversorgung beim Individuum, aber der prozentuale Anteil der Population mit einer Nährstoffaufnahme unterhalb des EAR kann als Prävalenzschätzer für das Risiko einer unzureichenden Nährstoffaufnahme in der Population betrachtet werden (IOM, 2006). Der Versorgungsgrad einer Population mit einem betrachteten Nährstoff wird daher als umso besser eingeschätzt, je geringer der prozentuale Anteil der Personen ist, deren Aufnahme des jeweiligen Nährstoffes unterhalb des EAR liegt.

Für die Bestimmung des prozentualen Anteiles von Jugendlichen und Erwachsenen, die eine Jodaufnahme unterhalb des EAR aufweisen, wurden die Ergebnisse der Expositionsschätzung auf Basis der BfR-MEAL-Studie herangezogen, da diese Ergebnisse auch eine Abschätzung des Einflusses des Verzehrs von Bioprodukten und der Verwendung von Jodsalz im Haushalt auf die Jodversorgung erlauben (BfR-MEAL-Studie). Die Auswertung erfolgte in verschiedenen Alters- und Geschlechtsgruppen, die wegen der Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen aus DEGS1 entsprechend der in DEGS1 verwendeten Abstufungen gruppiert wurden. Da die Gruppe der 14–17-jährigen Jugendlichen in DEGS1 nicht enthalten ist, wurden für diese Gruppe Biomarker-basierte Daten zur Jodversorgung aus der Studie zur Gesundheit von Kindern in Deutschland (KiGGS Welle 2) (Hey and Thamm, 2019) zum Vergleich mit der Exposition auf Basis der BfR-MEAL-Studie verwendet.

Nach den Berechnungen auf Basis der BfR-MEAL-Studie (Szenario UB - konventionelle Lebensmittel) nehmen 45 % der Frauen und 31 % der Männer weniger Jod auf, als es dem Durchschnittsbedarf entspricht (Tabelle 7 und Tabelle 8). Die Verwendung biologisch erzeugter Lebensmittel erhöht bei beiden Geschlechtern die Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Jodaufnahme um etwa 5 %, während die Verwendung von Jodsalz mit 20 mg Jod pro kg Salz im Haushalt, die Prävalenz um 16–20 % verringern kann.

In DEGS1 wurde bei beiden Geschlechtern ein Prozentsatz von 30 % der Studienteilnehmer ermittelt, die eine Jodaufnahme unterhalb des Durchschnittsbedarfes aufwiesen (Johner et al., 2016; Remer and Thamm, 2015). Damit steht die in der Expositionsschätzung auf Basis der BfR-MEAL-Studie ermittelte Prävalenz des Risikos für eine unzureichende Jodversorgung von 31 % bei den Männern in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus DEGS1, während die ermittelte Prävalenz von 45 % bei den Frauen die Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Versorgung überschätzt.

Die Auswertung des Anteils der Personen mit einer Jodaufnahme unterhalb des EAR nach Altersgruppen zeigt für beide Studien eine Abnahme der Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Jodaufnahme mit zunehmendem Alter, die bei den Frauen noch deutlicher ausgeprägt ist als bei den Männern (Abbildung 2, Tabelle 7 und Tabelle 8).

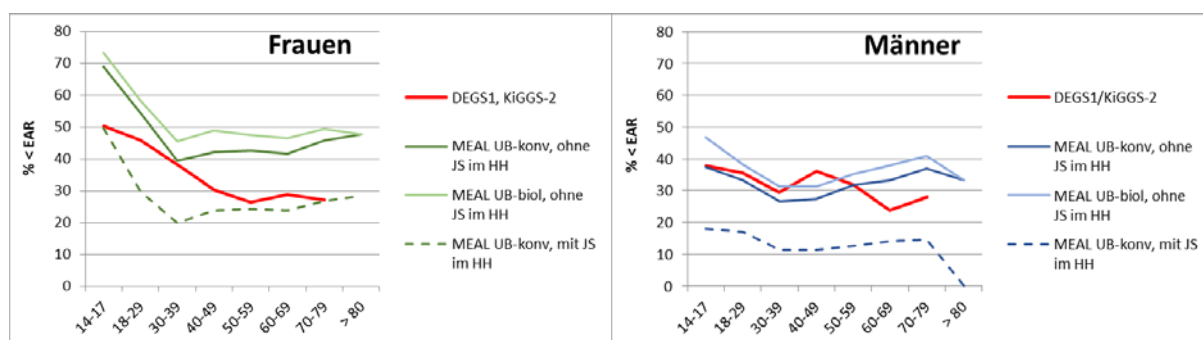


Abbildung 2: Prozentualer Anteil von Personen mit einer Jodaufnahme unterhalb des EAR.

Stratifiziert nach Alter und Geschlecht aus den Studien DEGS1/KiGGS2 (rote durchgezogene Linie) und Expositionsschätzungen basierend auf den Daten der BfR-MEAL-Studie.

MEAL-Szenarien: UB-konventionelle Lebensmittel (LM) ohne Jodsalz-Verwendung im Haushalt (durchgezogene Linie - ♀ dunkelgrün, ♂ dunkelblau); UB-konventioneller LM mit Verwendung von Jodsalz im Haushalt (gestrichelte Linie - ♀ dunkelgrün, ♂ dunkelblau), sowie UB-biologischer LM ohne Verwendung von Jodsalz im Haushalt (durchgezogene Linie - ♀ hellgrün, ♂ hellblau)

In der Expositionsschätzung auf Basis der BfR-MEAL-Studie (UB, konventionelle LM ohne Jodsalz im Haushalt) wurden bei den Männern altersstratifizierte Prävalenzen für das Risiko einer unzureichenden Versorgung zwischen 26,5 % (30-39 Jahre) und 37,3 % (14-17 Jahre) und in DEGS1/KiGGS2 zwischen 23,9 % (60-69 Jahre) und 37,7 % (14-17 Jahre) ermittelt. Bei den Frauen liegen die auf Basis der BfR-MEAL-Studie ermittelten Prävalenzen zwischen 39,4 (30-39 Jahre) und 68,8 % (14-17 Jahre) während die in DEGS1/KiGGS2 ermittelten Prävalenzen zwischen 26,3 % (50-59 Jahre) und 50,3 % (14-17 Jahre) liegen (Tabelle 7 und Tabelle 8).

Tabelle 7: Anteil der Männer mit einer Jodaufnahme unterhalb des EAR

Männer	Alter	N**	BfR-MEAL-Studie (UB, konventionell)		BfR-MEAL-Studie (UB, biologisch)		DEGS1/KiGGS-2*
			ohne Jodsalz im HH	mit Jodsalz im HH	ohne Jodsalz im HH	mit Jodsalz im HH	Jod gesamt
	14-17*	375	37,3	18,1	46,7	25,3	37,7*
	18-29	1117	33,3	17,1	38,1	21,5	35,5
	30-39	1044	26,5	11,5	31,3	13,4	29,5
	40-49	1321	27,4	11,4	31,3	12,1	36,2
	50-59	971	31,7	12,7	35,3	15,3	31,8
	60-69	947	33,3	14,0	37,9	17,4	23,9
	70-79	558	36,9	14,7	40,9	17,7	28,1
	> 80	12	33,3	0,0	33,3	16,7	k.A.
	Gesamt	6897	31	14	36	17	30

Tabelle 8: Anteil der Frauen mit einer Jodaufnahme unterhalb des EAR

Frauen	N**	BfR-MEAL-Studie (UB, konventionell)		BfR-MEAL-Studie (UB, biologisch)		DEGS1/ KiGGS-2*
		ohne Jod- salz im HH	mit Jod- salz im HH	ohne Jod- salz im HH	mit Jod- salz im HH	Jod gesamt
14-17*	369	68,8	49,6	73,4	58,3	50,3*
18-29	1066	54,4	29,7	58,2	36,6	45,9
30-39	1034	39,4	19,9	45,6	23,4	38,4
40-49	1289	42,1	23,9	48,9	28,7	30,4
50-59	987	42,7	24,3	47,4	27,1	26,3
60-69	995	41,7	23,8	46,5	25,4	28,9
70-79	730	45,9	26,8	49,3	28,8	27
> 80	21	47,6	28,6	47,6	28,6	k.A.
Gesamt	7029	45	26	50	30	30

* Die Biomarker-basierten Anteile mit einer Aufnahme unterhalb des EAR in der Altersgruppe 14-17 Jahre wurden dem Bericht über die Studie zur Gesundheit von Kindern in Deutschland Welle 2 entnommen (Hey and Thamm, 2019).

** Die Anzahl der Personen in den einzelnen Altersgruppen repräsentieren nur die Altersgruppen der NVS II. Die Ergebnisse der Modellszenarien zur Verwendung von Jodsalz im Haushalt sind farblich abgehoben.

Für die Einschätzung der tatsächlichen Prävalenz des Risikos einer unzureichenden Jodzufuhr sind die Biomarker-basierten Ergebnisse aus DEGS1 und KiGGS2 gegenüber den Ergebnissen aus Verzehrstudien, wie der NVS II (BLS- und MEAL-basiert), maßgeblich. In beiden Studientypen wird jedoch die höchste Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Jodversorgung bei den Frauen im Alter von 14 bis 39 Jahren gefunden, unter denen auch der überwiegende Anteil der schwangeren und stillenden Frauen zu erwarten ist, da laut Statistischem Bundesamt ca. 95 % der Geburten in dieser Altersgruppe erfolgten (Statistisches Bundesamt, 2018). Damit sind die Frauen im gebärfähigen Alter die wichtigste Subpopulation, in der Effekte, die durch Veränderungen von Parametern der Jodsalzprophylaxe auf die Prävalenz des Risikos einer unzureichenden Jodzufuhr erwartet werden, gemessen werden sollten.

Die Richtung und das Ausmaß von Effekten, die aus veränderten Parametern der Jodsalzprophylaxe resultieren, können ungeachtet der Unterschiede in den konkret ermittelten Werten der Alters- und Geschlechts-stratifizierten Prävalenzen für das Risiko einer unzureichenden Jodzufuhr in den beiden Studientypen jedoch anhand von Verzehrstudien modelliert werden.

Neben der Stratifizierung nach Alter- und Geschlecht sind auch bestimmte Ernährungsweisen, wie z. B. eine vegetarische bzw. eine vegane Ernährung, mit einem erhöhten Risiko für eine unzureichende Jodaufnahme verbunden. In den Verzehrdaten der 24h-Recalls der NVS II, die in der BfR-MEAL-Studie verwendet wurden, befanden sich 212 Personen (1,5 %), die eine vegetarische Ernährungsweise angegeben hatten. Die mediane Jodaufnahme dieser Gruppe lag mit 100 bzw. 91 µg/Tag für konventionelle bzw. biologische Lebensmittel knapp 10 % unterhalb der Aufnahmemengen der Nicht-Vegetarierinnen und -Vegetarier sowie der Gesamtpopulation, für die im Median eine Jodaufnahme von 107 bzw. 102 µg/Tag ermittelt wurden (UB-Szenario, nicht nach Geschlecht stratifiziert) (BfR-MEAL-Studie). Da der Anteil an Vegetarierinnen und Vegetariern in der NVS II mit 1,5 % aber sehr gering ist und in der Gruppe auch Fisch-verzehrende „Pesco-Vegetarierinnen und -Vegetarier“ enthalten sind, können anhand der Expositionsschätzung auf Basis der NVS II- und BfR-MEAL-Daten keine validen Aussagen über die Jodversorgung von sich vegetarisch ernährenden Personen generiert werden.

Weiterhin können anhand der NVS II-Daten keine Aussagen zur Jodaufnahme bei veganer Ernährungsweise gemacht werden, da in den Verzehrdaten nur einzelne Angaben von Veganerinnen und Veganern enthalten sind (Anteil 0,1 %). Allerdings liegen am BfR erste Ergebnisse aus der Querschnittsstudie „Risiken und Vorteile der veganen Ernährung“ (RBVD-Studie) vor. In dieser Studie nahmen die 36 vegan essenden Personen im Median mit 80 µg Jod pro Tag signifikant weniger Jod aus Lebensmitteln auf, als die 36 Mischköstlerinnen und Mischköstler mit 120 µg Jod pro Tag. Darüber hinaus wurde bei einem Drittel der Veganerinnen und Veganer eine Jodausscheidung unter 20 µg/L im Urin gefunden, womit sie das WHO-Kriterium (WHO, 2007a) für eine schwere Unterversorgung erfüllten (Weikert et al., 2020).

Auf Grund der unzureichenden Datenbasis zum Lebensmittelverzehr durch vegan und vegetarisch essende Personen eignen sich diese Risikogruppen nicht für eine Modellierung von Effekten, die sich aus Veränderungen von Parametern der Jodsalzprophylaxe ergeben.

3.3.2 Risikogruppen für eine zu hohe Jodaufnahme

Tolerierbare obere Tagesaufnahmemengen aus allen Quellen für Jod (*Tolerable Upper Intake Levels, UL's*) wurden für Jugendliche und Erwachsene mit 450-600 µg pro Tag von der EFSA (EFSA, 2002) sowie mit 900-1.100 µg pro Tag vom FNB des amerikanischen IOM (IOM, 2001) abgeleitet. Für Schwangere und Stillende wurden keine gesonderten ULs abgeleitet (Tabelle 9).

Tabelle 9: Tolerierbare tägliche Jod-Aufnahmemengen für Jugendliche und Erwachsene

Alter [Jahre]	UL (EFSA, 2002)	Länder mit langjähriger Unterversorgung (EFSA, 2002)	UL (FNB/IOM, 2001)
	[µg/Tag]	[µg/Tag]	[µg/Tag]
14	450		900
15-17	500		900
18	600	500	900
> 19	600	500	1.100
Schwangere	600		1.100
Stillende	600		1.100

In den repräsentativen deutschen Verzehrstudien wird ohne Berücksichtigung von Jodsalz in der 95. Verzehrperzentile eine Jodaufnahme von 147-218 µg pro Tag bei Männern und von 129-174 µg pro Tag bei Frauen ermittelt (Tabelle 1 und Tabelle 2). Da unter den gegenwärtigen Bedingungen (Jodsalzkonzentration 15-25 mg/kg; Verwendungsgrad von Jodsalz zu etwa 84 % im Haushalt und zu etwa 29 % bei der Herstellung kommerzieller Lebensmittel) Männer in der 95. Verzehrperzentile rund 100 µg Jod pro Tag und Frauen rund 65 µg Jod pro Tag aus Jodsalz aufnehmen (Tabelle 3 und Tabelle 4), wird in Deutschland eine Tagesverzehrmenge von 500 µg Jod pro Tag über die normale Ernährung nicht überschritten. So wurden in der Expositionsschätzung auf der Basis der Daten aus der BfR-MEAL-Studie unabhängig von der Verwendung konventioneller oder biologischer Lebensmittel lediglich zwei von 13.926 Studienteilnehmern (0,015 %) identifiziert, die mehr als 500 µg Jod aus Lebensmitteln aufnehmen (UB Szenarien ohne Berücksichtigung von Jodsalz im Haushalt) (BfR-MEAL-Studie).

Modellrechnungen des MRI mit dem derzeit erlaubten Höchstgehalt von Jod im Speisesalz (25 mg/kg) zeigten darüber hinaus, dass bei einem 100%-igen Verwendungsgrad von Jodsalz etwa 6 % der männlichen und etwa 1 % der weiblichen Bevölkerung den UL von 500 µg/Tag aus Lebensmitteln überschreiten würden (MRI, 2011).

Allerdings haben Verwendende von jodhaltigen Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) ein sehr viel höheres Risiko, den UL von 500 µg pro Tag zu überschreiten als Nicht-NEM-Verwendende. So wurden unter den 493 Jod-NEM-Verwendenden der NVS II in der Expositionsschätzung auf Basis der MEAL-Studie ohne Jodsalz im Haushalt 5 und mit Jodsalz im Haushalt 6 Individuen identifiziert (1 % bzw. 1,3 %), die durch die zusätzliche Einnahme von NEM mehr als 500 µg Jod pro Tag aufnehmen. Die Verwendenden von jodhaltigen NEMs haben gegenüber den Nicht-NEM-Verwendenden aus beiden Quellen eine um 84 µg pro Tag höhere Jodaufnahme im Median und eine um 134 µg pro Tag höhere Jodaufnahme in der P95 (berechnet durch Subtraktion der Jodaufnahme mit und ohne NEM von NEM-Verwendenden aus Tabelle 10).

In den Basisauswertungen der NVS II wurde ebenfalls die Jodaufnahme aus NEM ermittelt. Danach nehmen NEM-Verwendende im Median 100 µg und in der P95 200 µg Jod am Tag allein aus NEMs auf (MRI, 2008). Damit erhöht jede Maßnahme, die zur Erhöhung der Jodaufnahme aus Jodsalz führt, am ehesten in der Subpopulation der NEM-Verwendenden das Risiko, den UL von 500 µg pro Tag zu überschreiten.

Tabelle 10: Aggregierte Jod-Aufnahme der Jod-NEM-Verwendenden und Jod-Aufnahme über Lebensmittel (LM) der NEM-Verwendenden und Nicht-NEM-Verwendenden aus MEAL (UB-konventionelle LM ohne Jodsalz im Haushalt)

	N	Konventionelle Erzeugung UB				
		Median (µg/d)	P95 (µg/d)	Jod-Aufnahme < EAR (%)	Jod-Aufnahme > UL (N)	Jod-Aufnahme > UL (%)
Jod-NEM-Verwendende - Jod-Aufnahme über LM und NEM - - plus Jodsalz im Haushalt -	493	190	340	2,4	5	1,0
		210	361	0,8	6	1,3
Jod-NEM-Verwendende - Jod-Aufnahme nur über LM -	493	116	206	29,8	0	0
Nicht-Jod-NEM-Verwendende - Jod-Aufnahme über LM -	13433*	106	199	38,6	2	0,016*

* Hier werden die Nicht-Verwendenden von NEMs betrachtet, während sich die im Text angegebene Prävalenz von 0,015 % auf die Jodaufnahme aus Lebensmitteln der Gesamtpopulation von 13.926 Studienteilnehmenden bezieht.

3.4 Ist eine Erhöhung des maximal erlaubten Jodgehaltes im Salz von 25 mg auf 30 mg pro kg Salz unter Berücksichtigung einer 10%-igen Reduktion des Salzverzehrs sachgerecht und „sicher“?

3.4.1 Zielwerte der Salz-abhängigen Jodaufnahme für die Bewertung „sachgerecht“ und „sicher“

Die Zufuhr eines Nährstoffes kann als sachgerecht und „sicher“ bezeichnet werden, wenn die Prävalenz für das Risiko einer inadäquaten Nährstoffaufnahme an beiden Enden der Verteilung gering ist. Das konkrete Ausmaß der akzeptierbaren Prävalenz für das Risiko einer inadäquaten Versorgung ist jedoch eine gesundheitspolitische Entscheidung, die vom Schweregrad der gesundheitlichen Auswirkungen der zu geringen bzw. der zu hohen Aufnahme abhängt.

Nach den Daten von DEGS1 liegt in Deutschland die Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Jodaufnahme bei Erwachsenen insgesamt um 30 % und bei den gebärfähigen Frauen zwischen 40 und 50 % (Tabelle 7 und Tabelle 8), während nach den auf der BfR-MEAL-Studie basierenden Daten eine zu hohe Jodaufnahme allein aus Lebensmitteln durch 0,015 % der Studienteilnehmer als vernachlässigbar gering bezeichnet werden kann (siehe Punkt 3.3.2). Durch die Verwendung von NEMs steigt das Risiko, den UL zu überschreiten, jedoch auf etwa 1 bis 1,3 % an.

Im Rahmen der EAR *cut-point*-Methode wird vorgeschlagen, dass eine Population als ausreichend gut mit einem Nährstoff versorgt betrachtet werden kann, wenn die Prävalenz des Risikos für eine unzureichende Versorgung mit dem Nährstoff nicht mehr als 2-3 % beträgt und wenn das Risiko, den UL zu überschreiten, akzeptabel gering ist (IOM, 2006). Aus der Sicht des BfR ist das Risiko bezüglich einer zu hohen Jodaufnahme akzeptabel gering, wenn die Jodaufnahme in der 95. Verzehrperzentile den UL von 500 µg pro Tag nicht überschreitet.

Unter den gegenwärtigen Bedingungen der Jodsalzprophylaxe stammen 42 % (bzw. 52,5 µg pro Tag) des nutritiv aufgenommenen Jods im Median aus Jodsalz (Esche et al., 2019). Es stellt sich die Frage, wie hoch die salzbedingte Jodaufnahme sein müsste, um die Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Versorgung auf 2-3 % zu reduzieren.

Die Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Jodzufuhr in einer Population ist umso geringer, je höher die mediane Jodzufuhr ist. Anhand der inversen Korrelation zwischen der Prävalenz und der medianen Jodaufnahme, die in der Expositionsschätzung der BfR-MEAL-Studie für die Alters- und Geschlechtsgruppen der NVS II ermittelt wurden (UB-konventionelle Lebensmittel mit und ohne Jodsalz im Haushalt) (Tabelle 7 und Tabelle 8), konnte die mediane Jodaufnahme aus Lebensmitteln, die mit einer Prävalenz des Risikos für eine unzureichende Versorgung von 2,5 % korreliert, für Frauen mit ca. 140 µg pro Tag und für Männer mit ca. 150 µg pro Tag extrapoliert werden (Abbildung 3). Beide Werte liegen in der Größenordnung der Zufuhrempfehlung der EFSA von 150 µg pro Tag. Nach den Kriterien der EAR *cut-point*-Methode können damit Erwachsene in Deutschland als ausreichend versorgt betrachtet werden, wenn sie im Median eine Jodzufuhr aus Lebensmitteln im Bereich der Zufuhrempfehlung der EFSA erreichen.

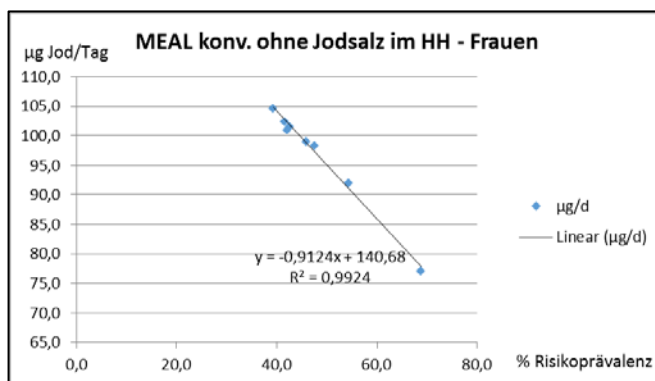


Abbildung 3: Korrelation zwischen der medianen Jodaufnahme der Altersgruppen und der Prävalenz des Risikos einer unzureichenden Jodzufuhr aus der Expositionsschätzung mit MEAL-Gehaltsdaten und NVS II-Verzehrdaten
Das Beispiel zeigt die Korrelationskurve der weiblichen Altersgruppen des Szenarios UB-konventionelle LM ohne Jodsalz im Haushalt. Vergleichbare Berechnungen für Frauen und Männer wurden mit dem Szenario UB-konventionelle LM ohne sowie mit Jodsalz durchgeführt. Aus den jeweiligen Formeln ergaben sich bei einer Risikoprävalenz von 2,5 % für Frauen mediane Aufnahmemengen von 138/140 µg pro Tag und für Männer von 150/152 µg pro Tag.

Knapp 75 µg des Jods, das mit den Lebensmitteln täglich verzehrt wird, stammt originär aus den Lebensmitteln und ist Salz-unabhängig (Esche et al., 2019). Die Jodsalzprophylaxe sollte daher darauf ausgerichtet sein, dass Erwachsene in Deutschland weitere 75 µg Jod pro Tag aus Jodsalz aufnehmen. Unter diesem Aspekt können alle Maßnahmen, die geeignet sind, die gegenwärtige salzbedingte Jodaufnahme von ca. 50 µg pro Tag im Median um ca. 25 µg pro Tag bzw. den Anteil der Salz-bedingten Jodaufnahme auf 50 % zu steigern, als sachgerecht bezeichnet werden.

3.4.2 Einfluss einer Erhöhung des Jodgehaltes in Salz und der Reduktion des Salzverzehr auf die Jodaufnahme

Wenn 42 % (52,5 µg) der Jodaufnahme aus Jodsalz stammen, werden bei einem Jodgehalt von 20 mg/kg im Median täglich 2,6 g Jodsalz verzehrt. Damit hat Jodsalz einen Anteil von 28 % an der medianen Gesamtsalzaufnahme, die 9,3 g pro Tag beträgt (Esche et al., 2019). Unter der Annahme, dass für die Daten aus DEGS1 in allen Verzehrperzentilen der Jodanteil aus Jodsalz konstant 42 % ist, wird in der 75. Verzehrperzentile 79 µg Jod aus 4 g Jodsalz und in der 95. Verzehrperzentile 156,4 µg Jod aus 7,8 g Jodsalz verzehrt (Tabelle 11).

Tabelle 11: Prozentualer Anteil der Jodaufnahme aus Salz sowie prozentualer Anteil von Jodsalz am Salzverzehr entsprechend DEGS1 (Esche et al., 2019)

	Jod _{ges.} µg/d	Jod _{Salz} µg/d	Jod _{LM} µg/d	Salz _{ges.} g/d	Jodsalz g/d	%
P50	126,2	52,5	73,2	9,3	2,6	28
P75*	188,2	79,0	109,2	13,7**	4,0**	29**
P95*	372,3	156,4	215,9	22,5**	7,8**	35**
%	100	42	58	100		

* Die Werte in den Perzentilen P75 und P95 sind nicht in Esche et al. 2019 enthalten, sondern wurden von Dr. Esche und Prof. Remer persönlich zur Verfügung gestellt.

** anhand der von Esche und Remer übermittelten Zahlen berechnete Werte

Bei konstantem Anteil der salzabhängigen Jodaufnahme ist in den höheren Verzehrperzentilen ein steigender prozentualer Anteil von Jodsalz am Salzverzehr erkennbar, der in der 95. Perzentile 35 % erreicht. Allerdings ist zu bedenken, dass in DEGS1 die Jodgesamtaufnahme ermittelt wurde und sich die Einnahme jodhaltiger NEM in den hohen Verzehrperzentilen der DEGS1-Jodaufnahmewerte am stärksten widerspiegelt. Da dies in den unteren Verzehrperzentilen eher keine Rolle spielt, wird in der Bewertung der beabsichtigten Maßnahmen auf die Prävalenz des Risikos für eine unzureichende Jodzufuhr angenommen, dass das gesamte Jod aus Lebensmitteln stammt und der mögliche Einfluss von NEMs vernachlässigt.

Da die salzabhängige Jodaufnahme das Produkt aus dem Jodsalzverzehr und dem Jodgehalt im Salz ist und in den hohen Verzehrperzentilen mehr Salz, ergo auch mehr Jodsalz verzehrt wird, wirkt sich eine Erhöhung des Jodgehaltes im Salz in den hohen Verzehrperzentilen stärker auf die Jodaufnahme aus als am Median bzw. als bei geringeren Verzehrperzentilen. Anhand der in Tabelle 11 dargestellten Aufnahme von Jodsalz in den Perzentilen 50 (Median), 75 und 95 lassen sich die entsprechenden salzbedingten Jodaufnahmen bei einem Jodgehalt von 25 mg und 30 mg pro kg Salz sowohl für den gegenwärtigen Salzverzehr als auch nach einer Reduktion des Salzverzehr um 10 % leicht ermitteln (Tabelle 12).

Tabelle 12: Berechnung der Salz-bedingten Jodaufnahme in Abhängigkeit vom Jodgehalt im Median, der P75 und der P95 mit und ohne Berücksichtigung einer 10 %igen Reduktion des Salzverzehr anhand der Daten aus DEGS1

mg Jod/kg Salz	zu erwartende Jodaufnahme aus Jodsalz in µg pro Tag					
	bei gegenwärtigem Salzverzehr			nach 10 % Reduktion des Salzverzehr		
	20	25	30	20	25	30
Median	52,5	65,6	78,8	47,3	59,1	70,9
P75	79,0	98,8	118,6	71,1	88,9	106,7
P95	156,4	195,5	234,5	140,7	175,9	211,1

Einfluss auf die Prävalenz für eine unzureichende Jodaufnahme:

Die Erhöhung des maximal erlaubten Jodgehaltes von 25 auf 30 mg Jod pro kg Salz hat vermutlich zur Folge, dass in den Produkten am Markt die Jodgehalte im Salz zwischen 20 und 30 mg/kg (im Durchschnitt 25 mg/kg) liegen werden. Bleibt sowohl der Salzverzehr als auch die Verwendung von Jodsalz für die Herstellung kommerzieller Lebensmittel konstant, ist durch diese Maßnahme eine Erhöhung der Salz-bedingten Jodaufnahme um 13 µg pro Tag auf 65,6 µg pro Tag im Median zu erwarten (Tabelle 12). In der P75 wird die salzbedingte Jodaufnahme um ca. 20 µg auf 98,8 µg pro Tag und in der P95 um 39 µg auf 195 µg pro Tag erhöht. Bei Ausschöpfung des maximalen Jodgehaltes von 30 mg/kg zeigte sich in den Modellrechnungen des MRI anhand der *Diet-History-Interviews* der NVS II bei einem Verwendungsgrad von 30 % eine höhere Jodaufnahme im Median um 8 µg pro Tag bei Frauen und um 11 µg pro Tag bei Männern (MRI, 2020). Das zeigt, dass selbst bei konstant bleibendem Salzverzehr und Ausschöpfung des maximalen Jodgehaltes eine Erhöhung der Jodanreicherung um 5 mg/kg Salz nicht ausreichend wäre, die Jodversorgung der Bevölkerung „sicher“ zu stellen.

Wird gleichzeitig mit der Erhöhung des Jodgehaltes von Salz auch der Salzverzehr erfolgreich um 10 % reduziert, beschränkt sich die zu erwartende Erhöhung der salzbedingten Jodaufnahme im Median anhand der DEGS1-Daten auf 6,6 µg pro Tag, in der P75 auf ca. 10 µg pro Tag und in der P95 um etwa 20 µg pro Tag. Damit ist durch die Maßnahme auch bei 10%iger Reduktion des Salzverzehrs eine geringfügige Erhöhung der salzbedingten Jodaufnahme in der Gesamtpopulation zu erwarten. Der anzustrebende Jod-Beitrag aus Salz im Bereich von 75 µg pro Tag wird jedoch nicht erreicht.

Eine Erhöhung des Jodgehaltes von Salz hat auch auf die Subpopulation der gebärfähigen Frauen zwischen 14 und 39 Jahren nur einen geringfügigen Effekt. So erhöht sich die mediane Jodaufnahme in diesen Altersgruppen nach Erhöhung des Jodgehaltes auf durchschnittlich 25 mg/kg und 10 % Reduktion des Salzverzehrs ebenfalls geringfügig, jedoch verbleibt die Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Versorgung weiterhin zwischen 35-46 % (Tabelle 13). Für die Modellierungen des MRI liegen zwar keine Angaben zum Anteil der Personen mit einer Jodzufuhr unterhalb des EAR vor, jedoch zeigte sich auch in den Modellierungen des MRI für junge Frauen bis 24 Jahre eine vergleichsweise niedrige mediane Jodzufuhr (Tabelle 14). Selbst mit einer Anreicherung von 30 mg Jod pro kg Salz gelangen junge Frauen erst bei einem Verwendungsgrad von 80 % in den Bereich der empfohlenen Jodzufuhr (MRI, 2020).

Tabelle 13: Medianer Jodverzehr und Prävalenz des Risikos für eine unzureichende Versorgung der gebärfähigen Frauen bis 39 Jahre unter gegenwärtigen Bedingungen und unter Berücksichtigung der Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf 25 mg/kg sowie einer Reduktion des Salzverzehrs von 10 % anhand der Daten aus DEGS1

DEGS1	20 mg/kg ohne Salzreduktion			25 mg/kg mit 10% Salzreduktion		
	Median Salz g/d	Median Jod µg/d	< EAR in %	Median Salz g/d	Median* Jod µg/d	< EAR** in %
weiblich						
14-17	8,6	94,4	50	7,7	101,4*	46
18-29	7,4	99,5	46	6,7	104,3*	44
30-39	8,2	114,4	38	7,4	120,9	35

* Den Berechnungen der Jodaufnahme, die nach Erhöhung des Jodgehaltes von Salz und Reduktion des Salzverzehrs erwartet werden, wurden die für Jugendliche und junge Erwachsene aus DEGS1 und KiGGS2 spezifisch ermittelten Jodsalz-Anteile aus dem Abschlussbericht 2817HS007 zugrunde gelegt (Esche and Remer, 2019).

** Die zu erwartende Prävalenz für eine unzureichende Versorgung in den Altersgruppen der gebärfähigen Frauen wurde aus der Korrelationsgleichung, die den inversen Zusammenhang zwischen den medianen Jodaufnahmemengen der weiblichen Altersgruppen und der Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Jodzufuhr für die DEGS1-Studie beschreibt, extrapoliert.

Wie bereits erwähnt, sind fast alle schwangeren und stillenden Frauen unter den gebärfähigen Frauen bis zu 39 Jahren zu finden. Für beide Gruppen kann keine repräsentative Bewertung der Jodaufnahme vorgenommen werden, da in der Studienpopulation der NVS II nur wenige Schwangere und Stillende enthalten sind. Für die Schwangeren und Stillenden existieren jedoch höhere Zufuhrempfehlungen (Tabelle 6) als für die anderen Frauen. Daher ist davon auszugehen, dass unter ihnen die Prävalenz für eine unzureichende Jodzufuhr noch höher ist als bei den gebärfähigen Frauen insgesamt. Den Schwangeren wird in Deutschland die Einnahme von jodhaltigen NEMs empfohlen (BfR, 2014). Tatsächlich sind unter den in der Expositionsschätzung auf Basis der BfR-MEAL-Studie berücksichtigten 493 Verwendenden von jodhaltigen NEMs die Schwangeren mit 2,2 % und die Stillenden mit 2,8 % auch deutlich häufiger vertreten, als unter den Nicht-NEM-Verwendenden mit 0,3 % bzw. 0,4 %. Allerdings verwenden nur 18 % der Schwangeren und 26 % der Stillenden aus den 24h-Recalls der NVS II überhaupt jodhaltige NEMs. Auf Grund der geringen Anzahl von Schwangeren und Stillenden in der NVS II können diese Zahlen jedoch nur Hinweise auf die Häufigkeit der Verwendung von jodhaltigen NEM in dieser Subpopulation geben.

Insgesamt ist festzustellen, dass eine Reduktion des Salzverzehrs um 10 % durch die Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf max. 30 mg/kg, bzw. im Durchschnitt der Produkte eher 25 mg/kg, noch gut kompensiert wird. Die bestehende Prävalenz für das Risiko einer Unterversorgung, die in der Gruppe der gebärfähigen Frauen besonders hoch ist, wird jedoch nur unwesentlich reduziert. Das Kriterium „sachgerecht“ wird daher nicht erfüllt.

Einfluss auf das Risiko, den UL zu überschreiten:

Gegenwärtig ist das Risiko, durch Lebensmittelverzehr den UL von 500 µg Jod pro Tag zu überschreiten, vernachlässigbar gering. So wurde in der DEGS1-Studie in der P95 eine Jodgesamtaufnahme von 372,3 µg pro Tag ermittelt, wovon 156,4 µg aus Jodsalz und 215,9 µg den sonstigen Lebensmitteln zugeordnet werden kann (Tabelle 11). Bei einem Jodgehalt von 20 mg/kg im Salz ergibt sich daraus ein Jodsalzverzehr von 7,8 g pro Tag. Bleibt sowohl der Salzverzehr als auch der Verwendungsgrad von Jodsalz zur Herstellung von Lebensmitteln konstant, ergäbe sich aus einer Anhebung des Jodgehaltes im Salz auf 25 mg/kg ein Salzbedingter Jodverzehr von 195 µg pro Tag und aus der Ausschöpfung des maximalen Gehalts von 30 mg/kg eine salzbedingter Jod-Verzehr von 234,5 µg pro Tag (Tabelle 12).

Für die Bewertung des Risikos einer zu hohen Aufnahme von Jod wird davon ausgegangen, dass die beabsichtigte Reduktion der Salzzufuhr nicht erfolgreich ist, da auch in diesem Fall die Erhöhung des Jodgehaltes von Salz auf max. 30 mg/kg „sicher“ sein muss. Daher werden hier nur Jodzufuhrmengen, die sich aus der Ausschöpfung des maximalen Jodgehaltes von 30 mg/kg im Salz ergeben, bewertet. In Summe mit dem inhärenten Jodanteil aus Lebensmitteln von 216 µg pro Tag (aufgerundete 215,9 aus Tabelle 11) ergäbe sich für die DEGS1-Studie in diesem Fall eine Jodaufnahme von 450,5 µg pro Tag in der 95. Verzehrperzentile, die um 50 µg unterhalb des UL läge. Diese Differenz könnte leicht durch eine zusätzliche Verwendung jodhaltiger NEMs überschritten werden. Allerdings muss an dieser Stelle berücksichtigt werden, dass in den Jodzufuhrmengen, die in DEGS1 ermittelt wurden, die Verwendung von NEMs bereits enthalten ist. Der Anteil der NEM-Verwendenden in der DEGS1-Studienpopulation liegt dem BfR allerdings nicht vor. Im Folgenden werden daher die P95-Verzehrmengen, die in den Verzehrstudien ermittelt wurden, für die Bewertung herangezogen.

In den Szenarien der MEAL-basierten Expositionsschätzung (UB – konv./biol.) wurden in der 95. Perzentile Jodaufnahmemengen von 169-218 µg pro Tag ermittelt (Tabelle 1 und Tabelle 2), die durch die Verwendung von Jodsalz im Haushalt (♀: 18 bzw. ♂: 21 µg am Tag, siehe

Punkt 3.2.3) auf 187-239 µg pro Tag gesteigert werden würden. Werden diese Jodaufnahmemengen auf 240 µg pro Tag vereinheitlicht und gerundet, ergibt sich ein Abstand von 260 µg zum UL, der zum einen für die Erhöhung des Jodgehaltes im Salz und zum anderen für die Verwendung von NEMs zur Verfügung stünde.

Aus der Anwendung des in DEGS1 ermittelten Anteils von 42 % Salz-bedingter Jodaufnahme auf die rund 240 µg pro Tag, die in der P95 der MEAL-basierten-Szenarien ermittelt wurden, ergibt sich ein Jodanteil von 101 µg pro Tag aus Salz und von 139 µg Jod pro Tag aus den sonstigen Lebensmitteln. Das entspricht einem Jodsalzverzehr von 5 g pro Tag, wenn der Jodgehalt 20 mg/kg Salz beträgt. Die Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf 30 mg/kg würde die salzbedingte Jodaufnahme auf 151 µg pro Tag steigern. In Summe mit dem Jodanteil aus sonstigen Lebensmitteln würde in der MEAL-basierten-Expositionsschätzung eine Jodaufnahme von 290 µg pro Tag in der P95 erreicht werden. Der Abstand zum UL betrüge in diesem Fall noch 210 µg pro Tag. Da in den MEAL-basierten Szenarien für NEM-Verwendende in der P95 eine zusätzliche Jodaufnahme von 134 µg pro Tag (berechnet durch Subtraktion der Jodaufnahme mit und ohne NEM von NEM-Verwendenden aus Tabelle 10) und in der NVS II eine Jodaufnahme von 200 µg pro Tag (MRI, 2008) aus NEMs ermittelt wurde, kann das Risiko, durch eine Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf 30 mg/kg den UL zu überschreiten, noch immer als gering betrachtet werden, sofern der Verwendungsgrad von 29 % Jodsatz zur Herstellung kommerzieller Lebensmittel (Bissinger et al., 2018) konstant bleibt.

Das BfR weist jedoch an dieser Stelle darauf hin, dass in den MEAL-Szenarien bereits jetzt ein Anteil von 1,0 bis 1,2 % der NEM-Verwendenden berechnet wird, der den UL überschreitet. Parallel zu einer Erhöhung des Jodgehaltes in Salz verweist das BfR daher auf seine Höchstmengenvorschläge für Jod in NEM von 100 µg für die Allgemeinbevölkerung und 150 µg für Schwangere pro Tagesverzehrdozis (Weissenborn, 2018).

Anhand der Daten der NVS II (*Diet-History-Interviews*) und einer modifizierten Version des BLS 3.01 hat das MRI für den maximalen Jodgehalt im Salz von 30 mg/kg Salz den Einfluss des Verwendungsgrades von Jodsatz auf die Jodaufnahme modelliert (Tabelle 14, Abbildung 4). In den Berechnungen wurde die Jodaufnahme für Jodsatzanteile von 30 %, 50 %, 80 % und 100 % modelliert. Aus diesen Szenarien wird ersichtlich, dass bei einem Anteil von 30 % Jodsatz und bei konstant bleibendem Salzverzehr mediane Zufuhrwerte von 175 µg pro Tag bei Männern und von 137 µg pro Tag bei Frauen erreicht werden. In der 95. Verzehrperzentile würden Männer in diesem Szenario 312 µg pro Tag und Frauen 233 µg pro Tag aus Lebensmitteln aufnehmen. Beide Zufuhrmengen liegen in der Größenordnung der 290 µg pro Tag, die für die P95 auch anhand der Ergebnisse der BfR-MEAL-Studie für einen Jodgehalt von 30 mg/kg Salz geschätzt wurden. Bei einem Jodsatzanteil von 30 % kann daher auch anhand der NVS II-Modellierungsergebnisse das Risiko, durch eine Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf 30 mg/kg den UL zu überschreiten, als gering betrachtet werden.

Allerdings steigt das Risiko, eine Jodzufuhr oberhalb des UL in der P95 zu erreichen, ab einem Jodsatzanteil von 80 % für junge Männer und bei einem Jodsatzanteil von 100 % für alle Männer deutlich an (Abbildung 4). So würden im Szenario 100 % Jodsatzverwendung zwar nur 1,5 % der Frauen jedoch 11,2 % der Männer täglich mehr als 500 µg Jod aus Lebensmitteln aufnehmen, wobei unter den jungen Männern mit 19,3 % der höchste Anteil an Personen, die den UL überschreiten, zu erwarten wäre.

Wird zusätzlich der Jodverzehr aus NEM in der P95 berücksichtigt (134 µg pro Tag ermittelt in der MEAL-Expositionsschätzung und 200 µg pro Tag ermittelt in NVS II (MRI, 2008)), ist bei den Männern die Überschreitung des UL in der P95 bereits ab einem Jodsatzanteil von 50 % zu erwarten.

Insgesamt wird deutlich, dass die Erhöhung des Jodgehaltes von Salz auf 30 mg/kg beim gegenwärtigen Verwendungsgrad von 29 % Jodsalz zur Herstellung kommerzieller Lebensmittel (Bissinger et al., 2018) als „sicher“ betrachtet werden kann. Bei steigenden Verwendungsgraden von Jodsalz erhöht sich jedoch das Risiko für eine Jodzufuhr oberhalb des UL insbesondere für junge Männer.

Tabelle 14 Jodzufuhr ($\mu\text{g}/\text{Tag}$) unter Berücksichtigung verschiedener Verwendungsgrade von jodiertem Speisesalz (30 mg Jod/kg) auf Basis von *Diet-History-Interviews* der NVS II und BLS (MRI, 2020)

Jodzufuhr ($\mu\text{g}/\text{Tag}$) (Median)	n	Jodiertes Speisesalz (30 mg/kg) Verwendungsgrad				
		0 %	30 %	50 %	80 %	100 %
Männer, gesamt	7093	110	175	218	283	326
14-18 Jahre	712	112	178	220	284	327
19-24 Jahre	510	113	188	235	302	348
25-34 Jahre	690	118	184	233	305	350
35-50 Jahre	2079	113	179	225	290	334
51-64 Jahre	1633	104	169	212	275	317
65-80 Jahre	1469	100	159	199	257	297
Frauen, gesamt	8278	91	137	168	214	244
14-18 Jahre	700	83	127	154	200	228
19-24 Jahre	510	86	128	153	192	220
25-34 Jahre	972	97	142	172	218	249
35-50 Jahre	2694	97	145	176	222	253
51-64 Jahre	1840	92	139	171	219	249
65-80 Jahre	1562	83	128	159	205	234

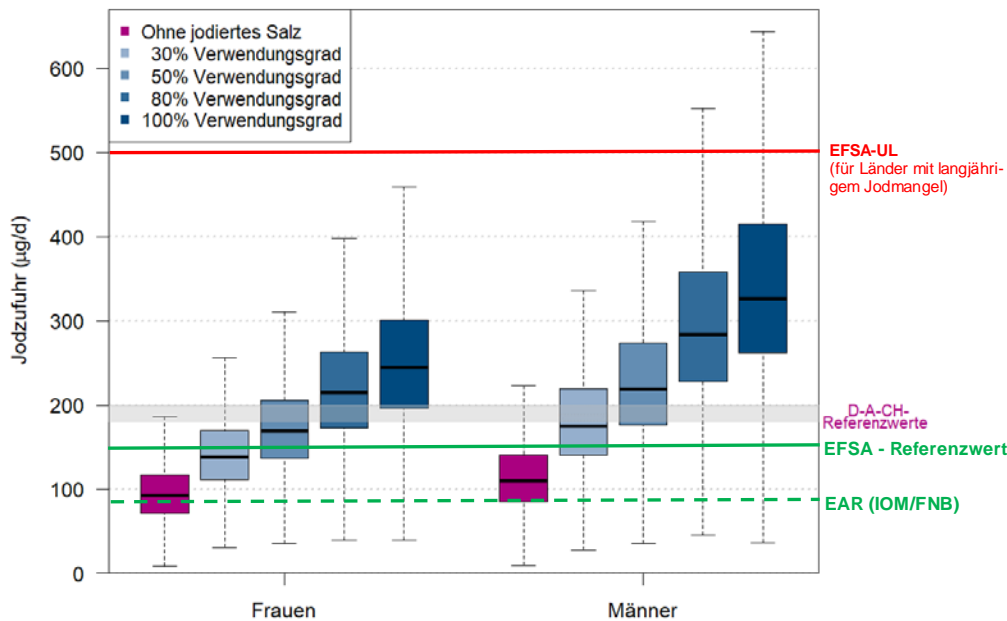


Abbildung 4: Verteilung der Jodzufuhr (µg/Tag) unter Berücksichtigung verschiedener Verwendungsgrade von jodiertem Speisesalz (30 mg Jod/kg) – Basis: NVS II *Diet-History-Interviews* / BLS modifiziert nach MRI, 2020.

3.4.3 Ermittlung „sachgerechter“ und „sicherer“ Verwendungsgrade von Jodsalz nach Erhöhung des maximalen Jodgehaltes auf 30 mg/kg

In den Modellrechnungen, die das MRI anhand der Daten der NVS II (*Diet-History-Interviews*) mit dem maximalen Jodgehalt im Salz von 30 mg/kg Salz durchgeführt hat, ergaben sich bei unveränderter Salzzufuhr für den Verwendungsgrad von 30 % mediane Zufuhrmengen, die sich bei Frauen mit 137 µg pro Tag der EFSA-Empfehlung von 150 µg/Tag annähern und bei den Männern mit 175 µg pro Tag diese sogar überschreiten. Weiter zeigte sich, dass Frauen von einer höheren Jodsalzanreicherung nicht so stark profitieren wie die Männer aufgrund ihres niedrigeren Verzehrs an Fleisch, Wurstwaren und Brot, deren Jodgehalt bei einer Anreicherung von Salz deutlich ansteigt (MRI, 2020). Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich die Jodgehalte der Jodsalzprodukte am Markt eher bei einem Durchschnitt von 25 mg/kg einpendeln werden und gegenwärtig gesundheitspolitische Anstrengungen zur Reduktion des Salzverzehrs in der Bevölkerung unternommen werden.

Im Folgenden soll die Spanne der „sachgerechten“ und „sicheren“ Verwendungsgrade von Jodsalz, die anhand der NVS II Szenarien (MRI, 2020) grob zwischen 30 und 50 % angesetzt werden kann, anhand der DEGS1-Daten verifiziert werden. Dafür wird auf die in Tabelle 11 aufgeführten Jod- und Jodsalzverzehrsmengen zurückgegriffen.

Aus dem medianen Salz-bedingten Jodverzehr von 52,5 µg pro Tag ergab sich ein Anteil von 42 % am Jodverzehr und ein medianer Jodsalzverzehr von 2,6 g pro Tag, der wiederum 28 % des medianen Salzverzehrs von 9,3 g pro Tag entspricht. Da der salzabhängige Jodverzehr direkt vom Jodsalzverzehr abhängt, besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der salzabhängigen Jodzufuhr (y) und dem Jodsalzanteil am Salzverzehr (x). In Kenntnis der in DEGS1 ermittelten Mengen und Verhältnisse lässt sich nun für jeden gewünschten Jodgehalt im Salz die einfache lineare Gleichung $y = f(x)$ formulieren, mit deren Hilfe der erforderliche Jodsalzanteil, mit dem sich ein definierter Zielwert der salzabhängigen Jodaufnahme erreichen lässt, berechnet werden kann.

Die Berechnung des erforderlichen Jodsalzanteiles am Salzverzehr für das Kriterium „sachgerecht“ erfolgte für den Jodgehalt von 25 mg/kg Salz unter Berücksichtigung einer 10%-igen Reduktion des Salzverzehrs. Der Zielwert der salzabhängigen Jodaufnahme beträgt 75 µg pro Tag im Median, damit in Summe mit dem Jodgehalt aus sonstigen Lebensmittel (knapp 75 µg pro Tag, Tabelle 5) die Zufuhrempfehlung der EFSA von 150 µg pro Tag erreicht wird. Für diese Bedingung ergab sich ein Anstieg der Jodaufnahme pro Prozent Jodsalzanteil von $y = 2,0925x$, nach dem eine salzbedingte Jodaufnahme von 75 µg im Median bei einem Jodsalzanteil von 36 % am Salzverzehr erreicht wird.

Die Berechnung des maximalen „sicheren“ Jodsalzanteiles am Salzverzehr erfolgte für den Jodgehalt von 30 mg/kg Salz bei unverändertem Salzverzehr. Der Zielwert der salzabhängigen Jodaufnahme beträgt 284 µg pro Tag in der P95, da in Summe mit dem Jodverzehr aus sonstigen Lebensmitteln von rund 216 µg pro Tag (Tabelle 5) der UL von 500 µg pro Tag nicht überschritten werden sollte. Es wurden keine Zusatzannahmen für Nahrungsergänzungsmittel gemacht, da in den Jodzufuhrmengen aus DEGS1 diese bereits enthalten sind. Für diese Bedingung ergab sich ein Anstieg der Jodaufnahme pro Prozent Jodsalzanteil von $y = 6,75x$, nach dem eine salzbedingte Jodaufnahme von 284 µg in der P95 bei einem Jodsalzanteil von 42 % am Salzverzehr erreicht wird.

Schlussendlich kann eine Erhöhung des maximalen Jodgehaltes in Salz von 25 auf 30 mg/kg auch bei erfolgreicher Reduktion des Salzverzehrs dann als sachgerecht und „sicher“ angesehen werden, wenn der Verwendungsgrad von Jodsalz über alle Lebensmittel hinweg mindestens 36 % beträgt und 42 % nicht wesentlich übersteigt. In diesem Zusammenhang wäre ein regelmäßiges Monitoring des Jodgehaltes in Jodsalzprodukten sowie des Verwendungsgrades von Jodsalz zur industriellen und handwerklichen Herstellung von Lebensmitteln sinnvoll.

Das BfR weist an dieser Stelle darauf hin, dass den hier vorgenommenen Bewertungen eine Reihe von Annahmen und Vereinfachungen zu Grunde liegt, die unterschiedlichen Studien entnommen wurden. Die Ergebnisse der Bewertung sind daher als Rahmenbedingungen für die Jodsalzprophylaxe über alle Lebensmittel hinweg zu betrachten. Durch diesen Rahmen wird keinesfalls ausgeschlossen, dass es sinnvoll sein kann, Produkte aus bestimmten Lebensmittelgruppen, die industriell und handwerklich hergestellt werden, zu einem höheren Anteil als 42 % mit Jodsalz herzustellen. Gegenwärtig werden z. B. 48 % der Fleisch- und Wurstwaren, 10 % der Brotwaren und nur 2 % der Milch- und Milchprodukte mit Jodsalz hergestellt, woraus sich ein Anteil von 29 % über die drei untersuchten Lebensmittelgruppen ergibt (Bissinger et al., 2018).

Es ergibt sich sowohl aus der Expositionsschätzung auf Basis der BfR-MEAL-Studie, in deren Gehaltsdaten mit Jodsalz hergestellte Lebensmittel enthalten sind, als auch aus den Modellszenarien der NVS II des MRI (MRI, 2020), dass neben den Fleisch- und Wurstwaren vor allem die Lebensmittelgruppe der Brot- und Backwaren zu den wichtigsten Trägerlebensmitteln der Jodsalzprophylaxe zählen. Es kann daher nur sinnvoll sein, in dieser Lebensmittelgruppe zielgerichtet den Verwendungsgrad von Jodsalz zu erhöhen. Inwieweit sich daraus ein Einfluss auf die Jodaufnahme auch auf Gruppen mit besonderen Ernährungsweisen ergibt, kann nur in verfeinerten Modellrechnungen auf der Basis der repräsentativen Verzehrstudien ermittelt werden.

3.4.4 Unsicherheiten

Die Daten der NVS II sind die derzeit aktuellsten, repräsentativen Daten zum Verzehr der erwachsenen deutschen Bevölkerung. Sie wurden jedoch bereits in den Jahren 2005/2006 erhoben. Auch die Daten der DEGS-Studie wurden bereits in den Jahren 2008-2011 erhoben.

Mögliche Veränderungen im Verzehr bzw. von aus dem Verzehr resultierenden Jod-Urinausscheidungen wurden in der vorliegenden Betrachtung nicht berücksichtigt. Darüber hinaus stammen die Verzehrdaten der NVS II von anderen Personen als die in DEGS erhobene Jod-Urinkonzentrationen. Da beide Studienpopulationen jedoch repräsentativ für die Zusammensetzung der erwachsenen Bevölkerung in Deutschland sind, sollten die Daten miteinander vergleichbar sein.

Die Jodaufnahme aus Salz wurde anhand von drei Studien modelliert, denen unterschiedliche Datengrundlagen und Erhebungsinstrumente zugrunde liegen. So enthalten z. B. die Biomarker-basierten DEGS-Daten die Jodgesamtaufnahme, einschließlich der Verwendung von NEM und Arzneimitteln. In den NVS II-Modellszenarien des MRI wird dagegen die salzbedingte Jodaufnahme in den höheren Verwendungsgraden im Vergleich zur aktuellen Situation überschätzt, da in fast allen Lebensmitteln das Salz hypothetisch jodiert wurde. Auch in den Modellszenarien auf Basis der MEAL-Daten, in denen die Verwendung von Jodsalz im Haushalt geschätzt wurde, wird die Jodaufnahme eher überschätzt, da für alle Studienteilnehmer der NVS II die Verwendung von Jodsalz angenommen wurde.

Für die Berechnung des Jodanteils aus Salz auf der MEAL-Daten-basierten Expositionsschätzung wurden von der MEAL-basierten Jodaufnahme die NVS II-basierte Jodaufnahme aus den 24h-Recalls, in denen kein Jodsalz berücksichtigt ist (DGE, 2012), abgezogen. Bei diesem Verfahren ist zu beachten, dass ein direkter Vergleich der jeweiligen Jodaufnahmemengen mit Unsicherheiten behaftet ist. Es wurde in beiden Expositionsschätzungen zwar dieselbe Datengrundlage für den Verzehr verwendet, jedoch wurden unterschiedliche Gehaltsdaten benutzt und für die Verknüpfung der Daten kamen unterschiedliche methodische Vorgehensweisen zum Einsatz. Dies führt vor allem in der P95 zu Unterschieden. Zudem wurden in der MRI-Berechnung auf Basis der 24h-Recalls die 14-Jährigen ausgeschlossen. Insgesamt bestätigen sich trotz der Unterschiede in den jeweiligen Datengrundlagen und Erhebungsinstrumenten die medianen Jodaufnahmemengen, die jeweils ermittelt wurden, jedoch relativ gut.

Grundsätzlich muss beachtet werden, dass es nicht möglich ist, bei der Modellierung der Jodsalzverwendung individuelle Verhaltensmuster, wie z. B. Markentreue oder andere Gewohnheiten, angemessen zu berücksichtigen. So könnten sortentreue Verzehrende, die ausschließlich Jodsalz verwenden bzw. vorrangig jodsalzhaltige Produkte kaufen, vereinzelt sehr hohe Jodaufnahmemengen erreichen. Die Häufigkeit dieser Verhaltensmuster konnte in den Modellierungen nicht abgeschätzt werden.

Weiterhin ist die Untergruppe der Vegetarierinnen und Vegetarier der NVS II mit $n = 215$ nicht ausreichend für vertiefende Untersuchungen, zumal dieser Untergruppe auch Pesco-Vegetarierinnen und -Vegetarier angehören. Durch den Verzehr von Fisch ist deren Jod-Aufnahme wahrscheinlich höher als bei jenen, die keinen Fisch verzehren. Das führt mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Überschätzung der Jod-Aufnahme nicht Fisch verzehrender Vegetarierinnen und Vegetarier. Ebenso ist auch die Untergruppe der Schwangeren und Stillenden der NVS II zu klein, um valide Aussagen zur Verwendung von jodhaltigen NEM zu generieren.

Der Berechnung des sachgerechten und „sicheren“ Verwendungsgrades von Jodsalz liegt eine Reihe von Annahmen und Vereinfachungen zu Grunde. Dazu gehört die Annahme, dass in allen Verzehrperzentilen die salzbedingte Jodaufnahme 42 % ist und der Jodgehalt im Salz 20 mg/kg beträgt. Da Jodsalzprodukte am Markt jedoch unterschiedliche Jodmengen (15-25 mg/kg) enthalten können, entspricht auch der berechnete mediane Jodsalzverzehr von 2,6 g pro Tag nur einer Schätzung. Bei einer Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf max. 30 mg/kg sind die ermittelten Bedingungen für „sachgerecht“ (36%-ige Jodsalzverwendung) und „sicher“ (nicht wesentlich mehr als 42%-ige Jodsalzverwendung) daher als Rahmenbedingungen für die Jodsalzprophylaxe über alle Lebensmittel hinweg zu betrachten.

3.5 Weitere Aspekte

In vielen Ländern ist die Jodversorgung schwangerer Frauen gemäß WHO-Kriterien nicht ausreichend (eine mediane Jod-Urinkonzentration (UIC) $< 150 \mu\text{g/L}$ gilt für Schwangere als unzureichend) (IGN, 2017; WHO, 2007b). Auch in der Schweiz zeigt diese Risikogruppe trotz einer national geförderten Jodsalzprophylaxe im Median eine leichte Unterversorgung gemäß WHO.

In der Schweiz wird ebenso wie in Deutschland eine Politik der freiwilligen Salzzodierung und Verwendung von jodiertem Speisesalz verfolgt (Andersson and Herter-Aeberli, 2019). Im Bestreben, die Gesamtaufnahme von Jod in der Schweizer Bevölkerung zu verbessern, wurde die Jodkonzentration im Salz im Januar 2014 von 20 auf 25 mg/kg angehoben. Im Jahr 2015 wurde eine nationale Querschnittsstudie durchgeführt, um die Wirkung dieser Erhöhung auf die Jodversorgung von Schulkindern (6–12 Jahre), Frauen im reproduktionsfähigen Alter und schwangeren Frauen zu untersuchen (Andersson and Herter-Aeberli, 2019). Nach der Erhöhung des Jodgehalts im Speisesalz war bei Schulkindern und Frauen im gebärfähigen Alter im Median eine leichte Erhöhung der Jod-Urinxkretion zu beobachten, wobei die Frauen im gebärfähigen Alter aber nach wie vor keine ausreichende Jodversorgung gemäß WHO erreichten. Die Schul Kinder zeigten sowohl vor der Erhöhung als auch nach der Erhöhung eine ausreichende Jodversorgung. Bei den schwangeren Frauen, die vor der Erhöhung des Jodgehalts im Salz gemäß WHO adäquat versorgt waren (UIC-Median $162 \mu\text{g/L}$), zeigte sich nach der Erhöhung des Jodgehaltes im Salz sogar ein Rückgang in der medianen Jod-Urinausscheidung, der als nicht mehr adäquate Versorgung (UIC-Median $140 \mu\text{g/L}$) interpretiert werden muss. Im Vergleich zu der Erhebung von 2009 wurde bei den untersuchten schwangeren Frauen im Jahr 2015 vor allem am unteren Ende der Verteilung im 25. Quartil ein Rückgang der Jod-Urinausscheidung um $16 \mu\text{g/L}$ (von $81 \mu\text{g/L}$ auf $65 \mu\text{g/L}$) gefunden, während im 75. Perzentil die Jodausscheidung um $12 \mu\text{g/L}$ zunahm (von $302 \mu\text{g/L}$ auf $314 \mu\text{g/L}$). Die Ursachen für diese Entwicklung bei den untersuchten schwangeren Frauen, die im unteren Quartil der Jod-Urinausscheidung nicht zu einer Verbesserung der Jodversorgung geführt hat, kann auf Basis der vorliegenden Daten nur vermutet werden. Möglicherweise zeigen schwangere Frauen ein anderes Ernährungsverhalten als die sonstige Bevölkerung. Dies könnte zur Bevorzugung von Produkttypen (z. B. Bioprodukte) führen, die eher selten mit Jodsalz hergestellt werden. Eine freiwillige Jodsalzprophylaxe mit einer relativ geringen Abdeckung der mit Jodsalz angereicherten Produkte scheint bestimmte Bevölkerungsgruppen mit einem besonderen Ernährungsverhalten eher schlecht zu erreichen. Hier wären gegebenenfalls weitere zielgruppenspezifische Maßnahmen erforderlich.

Die Ergebnisse der Erhebung in der Schweiz sind auch in einer Publikation veröffentlicht (Andersson et al., 2020). Die Autoren schlussfolgern, dass eine alleinige Erhöhung der Jodkonzentration im Salz die Jodaufnahme bei Frauen möglicherweise nicht verbessert, wenn jodiertes Salz in verarbeiteten Lebensmitteln nicht weit verbreitet ist.

Weitere Informationen auf der BfR-Website zum Thema Jod

A-Z-Index Jod: https://www.bfr.bund.de/de/a-z_index/jod-4600.html

Fragen und Antworten zur Jodversorgung und zur Jodmangelvorsorge:
https://www.bfr.bund.de/de/jodversorgung_in_deutschland_wieder_ruecklaeufig_tipps_fuer_eine_gute_jodversorgung-128626.html



„Stellungnahmen-App“ des BfR

4 Referenzen

- Andersson M, Herter-Aeberli I (2019). Jodstatus in der Schweizer Bevölkerung - Schweizer Ernährungsbulletin 2019. Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen. <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/ernaehrung/schweizer-ernaehrungsbulletin.html>.
- Andersson M, Hunziker S, Fingerhut R, Zimmermann MB, Herter-Aeberli I (2020). Effectiveness of increased salt iodine concentration on iodine status: trend analysis of cross-sectional national studies in Switzerland. *Eur J Nutr* 59: 581-593
- Bath SC, Steer CD, Golding J, Emmett P, Rayman MP (2013). Effect of inadequate iodine status in UK pregnant women on cognitive outcomes in their children: results from the Avon Longitudinal Study of Parents and Children (ALSPAC). *Lancet* 382: 331-337
- BfR (2014). Jod, Folat/Folsäure und Schwangerschaft. <https://www.bfr.bund.de/cm/350/jod-folat-folsaeure-und-schwangerschaft.pdf>.
- Bissinger K, Busl L, Dudenhöfer C, Fast D, Heil E., Herrmann R, Jordan I, Pfisterer A (2018). Repräsentative Markterhebung zur Verwendung von Jodsalz in handwerklich und industriell gefertigten Lebensmitteln - Abschlussbericht zum Forschungsprojekt zur Bereitstellung wissenschaftlicher Entscheidungshilfe für das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). (Förderkennzeichen: 2815HS023) - Laufzeit: 2/2017-4/2018. <https://service.ble.de>.
- Bougma K, Aboud FE, Harding KB, Marquis GS (2013). Iodine and mental development of children 5 years old and under: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients* 5: 1384-1416
- Burgi H (2010). Iodine excess. *BestPractRes Clin Endocrinol Metab* 24: 107-115
- D-A-CH (2015). *Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (eds)*: Jod. In: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Bonn, 2. Auflage 1. Ausgabe.

- DGE (2012). 12. Ernährungsbericht der DGE - Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE). Im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- Dineva M, Fishpool H, Rayman MP, Mendis J, Bath SC (2020). Systematic review and meta-analysis of the effects of iodine supplementation on thyroid function and child neurodevelopment in mildly-to-moderately iodine-deficient pregnant women. *Am J Clin Nutr* [Epub ahead of print]: doi: 10.1093/ajcn/nqaa1071.
- Domke A, GR, Niemann B., Przyrembel H., Richter K., Schmidt E., Weißenborn A., Wörner B., Ziegenhagen R. (2004). Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln - Teil II. *BfR Wissenschaftsheft*. p 1-323 - https://www.bfr.bund.de/cm/350/verwendung_von_mineralstoffen_in_lebensmitteln_bfr_wissenschaft_4_2004.pdf.
- Du Y, Gao YH, Feng ZY, Meng FG, Fan LJ, Sun DJ (2017). Serum Thyroglobulin-A Sensitive Biomarker of Iodine Nutrition Status and Affected by Thyroid Abnormalities and Disease in Adult Populations. *Biomed Environ Sci* 30: 508-516
- EFSA (2002). Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Iodine (expressed on 26 September 2002) - https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/sci-com_scf_out146_en.pdf.
- EFSA (2014). Scientific opinion on dietary reference values for iodine. *EFSA Journal* 12: 3660 - <https://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/pub/3660>
- Eisinger-Watzl M, Strassburg A, Ramunke J, Krems C, Heuer T, Hoffmann I (2015). Comparison of two dietary assessment methods by food consumption: results of the German National Nutrition Survey II. *Eur J Nutr* 54: 343-354
- Esche J, Remer T (2019). Abschlussbericht - Biomarker-basierte Langzeitanalysen zur Ermittlung des Anteils von Jodsalz an der Salzaufnahme und der Jodversorgung in der deutschen Bevölkerung - Förderkennzeichen 2817HS007 - Berichtszeitraum: Januar 2018 - August 2019.
- Esche J, Thamm M, Remer T (2019). Contribution of iodized salt to total iodine and total salt intake in Germany. *Eur J Nutr*: <https://doi.org/10.1007/s00394-00019-02154-00397>
- Farebrother J, Zimmermann MB, Assey V, Castro MC, Cherkaoui M, Fingerhut R, Jia Q, Jukic T, Makokha A, San Luis TO, Wegmuller R, Andersson M (2019). Thyroglobulin Is Markedly Elevated in 6- to 24-Month-Old Infants at Both Low and High Iodine Intakes and Suggests a Narrow Optimal Iodine Intake Range. *Thyroid* 29: 268-277
- Gowachirapant S, Jaiswal N, Melse-Boonstra A, Galetti V, Stinca S, Mackenzie I, Thomas S, Thomas T, Winichagoon P, Srinivasan K, Zimmermann MB (2017). Effect of iodine supplementation in pregnant women on child neurodevelopment: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Lancet Diabetes Endocrinol* 5: 853-863
- Hey I, Thamm M (2019). Abschlussbericht - Monitoring der Jod- und Natriumversorgung bei Kindern und Jugendlichen im Rahmen der Studie des Robert Koch-Instituts zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS Welle 2). Förderkennzeichen: 2814HS003. Berichtszeitraum: September 2014 - August 2017.

- Hynes KL, Otahal P, Hay I, Burgess JR (2013). Mild iodine deficiency during pregnancy is associated with reduced educational outcomes in the offspring: 9-year follow-up of the gestational iodine cohort. *J Clin Endocrinol Metab* 98: 1954-1962
- IGN (2017). Iodine Global Network - Global Scorecard of Iodine Nutrition in 2017 - <https://www.ign.org/scorecard.htm>.
- IOM (2001). Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. The National Academies Press. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK222310/>.
- IOM (2006). Dietary Reference Intake - The essential guide to nutrient requirements. The National Academies Press. <https://www.nap.edu/catalog/11537/dietary-reference-intakes-the-essential-guide-to-nutrient-requirements>.
- Ittermann T, Volzke H, Krey A, Remer T, Heckmann M, Lange A, Kramer A, Below H (2019). Median urinary iodine concentration reflected sufficient iodine supply in neonates from Northeast Germany in 2005-2006. *Eur J Nutr* 58: 1815–1182
- Jeon N (2011). Die Jodversorgung schwangerer Frauen in Bayern anhand einer repräsentativen Stichprobe. Dissertation. https://edoc.ub.uni-muenchen.de/12979/1/Jeon_Nadja.pdf.
- Johner SA, Thamm M, Schmitz R, Remer T (2015). Current daily salt intake in Germany: biomarker-based analysis of the representative DEGS study. *Eur J Nutr* 54: 1109-1115
- Johner SA, Thamm M, Schmitz R, Remer T (2016). Examination of iodine status in the German population: an example for methodological pitfalls of the current approach of iodine status assessment. *Eur J Nutr* 55: 1275-1282
- Korevaar TIM, Medici M, Visser TJ, Peeters RP (2017). Thyroid disease in pregnancy: new insights in diagnosis and clinical management. *Nat Rev Endocrinol* 13: 610-622
- Leung AM, Braverman LE (2014). Consequences of excess iodine. *Nat Rev Endocrinol* 10: 136-142
- Levie D, Korevaar TIM, Bath SC, Murcia M, Dineva M, Llop S, Espada M, van Herwaarden AE, de Rijke YB, Ibarluzea JM, Sunyer J, Tiemeier H, Rayman MP, Guxens M, Peeters RP (2019). Association of Maternal Iodine Status With Child IQ: A Meta-Analysis of Individual Participant Data. *J Clin Endocrinol Metab* 104: 5957-5967
- Liu P, Liu SJ, Su XH, Zhang SB, Ji XH (2010). Relationship between urinary iodine and goiter prevalence: results of the Chinese national iodine deficiency disorders survey. *J Endocrinol Invest* 33: 26-31
- Ma ZF, Skeaff SA (2014). Thyroglobulin as a biomarker of iodine deficiency: a review. *Thyroid* 24: 1195-1209
- Markhus MW, Dahl L, Moe V, Abel MH, Brantsaeter AL, Oyen J, Meltzer HM, Stormark KM, Graff IE, Smith L, Kjellefold M (2018). Maternal Iodine Status is Associated with Offspring Language Skills in Infancy and Toddlerhood. *Nutrients* 10: 1-13

- Mattes RD, Donnelly D (1991). Relative contributions of dietary sodium sources. *J Am Coll Nutr* 10: 383-393
- MRI (2008). Nationale Verzehrsstudie II - Ergebnisbericht, Teil 2. https://www.mri.bund.de/fileadmin/MRI/Institute/EV/NVSII_Abschlussbericht_Teil_2.pdf. MRI.
- MRI (2011). Jodzufuhr der Bevölkerung in Deutschland - Neuberechnung auf Grundlage des BLS 3.01.
- MRI (2020). Modellszenarien für die Jodzufuhr in Deutschland. https://www.mri.bund.de/fileadmin/MRI/Institute/EV/Bericht_Jodzufuhr_2020_Homepage_final-doi.pdf, DOI: 10.25826/20210119-125802
- Pearce EN, Lazarus JH, Moreno-Reyes R, Zimmermann MB (2016). Consequences of iodine deficiency and excess in pregnant women: an overview of current knowns and unknowns. *Am J Clin Nutr* 104 Suppl 3: 918s-923s
- Remer T, Thamm M (2015). Abschlussbericht - Ermittlung der täglichen Jod- und Salzzufuhr Erwachsener in Deutschland: Biomarkerbasierte Datenanalyse der repräsentativen DEGS-Studie und methodologische Basislegung für künftige Gesundheitssurveys. Förderkennzeichen: 2813HS013. Berichtszeitraum: September 2013 - Januar 2015. In Kooperation mit M. Thamm, Robert Koch-Institut. <https://service.ble.de>.
- Sarvan I, Bürgelt M, Lindtner O, Greiner M (2017). Expositionsschätzung von Stoffen in Lebensmitteln - Die BfR-MEAL-Studie – die erste Total-Diet-Studie in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt* 60: 689–696
- Scriba PC, Hesecker H, Fischer A (2007). Jodmangel und Jodversorgung in Deutschland - Erfolgreiche Verbraucherbildung und Prävention am Beispiel von jodiertem Speisesalz. *Präv Gesundheitsf* 2: 143-148
- Shi X, Han C, Li C, Mao J, Wang W, Xie X, Li C, Xu B, Meng T, Du J, Zhang S, Gao Z, Zhang X, Fan C, Shan Z, Teng W (2015). Optimal and safe upper limits of iodine intake for early pregnancy in iodine-sufficient regions: a cross-sectional study of 7190 pregnant women in China. *J Clin Endocrinol Metab* 100: 1630-1638
- Statistisches Bundesamt (2018). Geburten - Daten der Lebendgeborenen nach Altersgruppen der Mütter für die Jahre 2014 bis 2018 - <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Geburten/Tabellen/lebendgeborene-alter.html>.
- Strassburg A, Eisinger-Watzl M, Krems C, Roth A, Hoffmann I (2019). Comparison of food consumption and nutrient intake assessed with three dietary assessment methods: results of the German National Nutrition Survey II. *Eur J Nutr* 58: 193-210
- Wang B, He W, Li Q, Jia X, Yao Q, Song R, Qin Q, Zhang JA (2019). U-shaped relationship between iodine status and thyroid autoimmunity risk in adults. *Eur J Endocrinol* 181: 255-266

- Weikert C, Trefflich I, Menzel J, Obeid R, Longree L, Dierkes J, Meyer K, Herter-Aeberli I, Mai K, Stangl G, Müller S, Schwerdtle S, Lampen A, Abraham K (2020). Der Versorgungsstatus mit Vitaminen und Mineralstoffen bei veganer Ernährungsweise. Dtsch Ärztebl: (in press)
- Weissenborn AB, N.; Demuth, I.; Ehlers, A. Ewald, M.; Niemann, B.; Richter, K.; Trefflich, I.; Ziegenhagen, R.; Hirsch-Ernst, K.; Lampen, A. (2018). Höchstmengen für Vitamine und Mineralstoffe in Nahrungsergänzungsmitteln. J Consum Prot Food Saf 13: 25-39
- WHO (2007a). Assessment of the iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. Third edition. WHO, UNICEF, ICCIDD.
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43781/9789241595827_eng.pdf?sequence=1.
- WHO (2007b). Iodine deficiency in Europe - A continuing public health problem.
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/43398>.
- Zimmermann M (2014). Iodbedarf und Risiken und Nutzen einer Korrektur des Iodmangels in Populationen. Perspectives in Medicine 2: 56 -67
- Zimmermann MB (2010). Symposium on 'Geographical and geological influences on nutrition': Iodine deficiency in industrialised countries. Proc Nutr Soc 69: 133-143
- Zimmermann MB (2012). The effects of iodine deficiency in pregnancy and infancy. Paediatr Perinat Epidemiol 26 Suppl 1: 108-117
- Zimmermann MB, Aeberli I (2010). Jodmangel. Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 1: 24-29
- Zimmermann MB, Aeberli I, Andersson M, Assey V, Yorg JA, Jooste P, Jukic T, Kartono D, Kusic Z, Pretell E, San Luis TO, Jr., Untoro J, Timmer A (2013). Thyroglobulin is a sensitive measure of both deficient and excess iodine intakes in children and indicates no adverse effects on thyroid function in the UIC range of 100-299 µg/L: a UNICEF/ICCIDD study group report. J Clin Endocrinol Metab 98: 1271-1280

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Jodaufnahmemengen von Männern in Deutschland auf Basis der verschiedenen Erhebungen	7
Tabelle 2 Jodaufnahmemengen von Frauen in Deutschland auf Basis der verschiedenen Erhebungen	8
Tabelle 3 Modellierter Jodaufnahme aus Jodsalz von Erwachsenen in Deutschland auf Basis der NVS II	10
Tabelle 4 Berechnete Jodaufnahme aus Jodsalz auf Basis der MEAL-Studie	11
Tabelle 5 Gesamtsalz- und Gesamtjodzufuhr aus DEGS1 und daraus abgeleitete Anteile der Jodzufuhr aus Jodsalz	11
Tabelle 6 Zufuhrreferenzwerte für Jod (Schätzwerte, Adäquate Aufnahmen, Empfehlungen) und geschätzter Durchschnittsbedarf für Jugendliche und Erwachsene gemäß verschiedener Gremien.....	13

Tabelle 7 Anteil der Männer mit einer Jodaufnahme unterhalb des EAR.....	15
Tabelle 8 Anteil der Frauen mit einer Jodaufnahme unterhalb des EAR.....	16
Tabelle 9 Tolerierbare tägliche Jod-Aufnahmemengen für Jugendliche und Erwachsene ...	17
Tabelle 10 Aggregierte Jod-Aufnahme der Jod-NEM-Verwendenden und Jod-Aufnahme über Lebensmittel (LM) der NEM-Verwendenden und Nicht-NEM-Verwendenden	18
Tabelle 11 Prozentualer Anteil der Jodaufnahme aus Salz sowie prozentualer Anteil von Jodsalz am Salzverzehr entsprechend DEGS1 (Esche et al, 2019)	20
Tabelle 12 Berechnung der Salz-bedingten Jodaufnahme in Abhängigkeit vom Jodgehalt im Salz im Median, der P75 und der P95 mit und ohne Berücksichtigung einer 10 %igen Reduktion des Salzverzehrs anhand der Daten aus DEGS1.....	20
Tabelle 13 Medianer Jodverzehr und Prävalenz des Risikos für eine unzureichende Versorgung der gebärfähigen Frauen bis 39 Jahre unter gegenwärtigen Bedingungen und unter Berücksichtigung der Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf 25 mg/kg sowie einer Reduktion des Salzverzehrs von 10 % anhand der Daten aus DEGS1.....	21
Tabelle 14 Jodzufuhr ($\mu\text{g}/\text{Tag}$) unter Berücksichtigung verschiedener Verwendungsgrade von jodiertem Speisesalz (30 mg Jod/kg).....	24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Salz-bedingte Jodaufnahme in den Perzentilen 50 (Median), 75 und 95	12
Abbildung 2 Prozentualer Anteil von Personen mit einer Jodaufnahme unterhalb des EAR. 15	
Abbildung 3 Korrelation zwischen der medianen Jodaufnahme der weiblichen Altersgruppen und der Prävalenz des Risikos für eine unzureichende Versorgung aus der MEAL-Studie	19

Anlage 1

Jod-Exposition in Deutschland auf Basis der Gehaltsdaten der BfR-MEAL-Studie

1. Datengrundlagen

(1) Verzehrdaten

Als Datengrundlage hinsichtlich des Verzehrs bei Jugendlichen und Erwachsenen diente die Nationale Verzehrstudie II (NVS II) des Max Rubner-Instituts (MRI). Die NVS II ist die 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 den Jahren 2005 und 2006 in ganz Deutschland statt (Krems et al. 2006, MRI 2008).

Die Verzehrsauswertungen beruhen auf den Daten der beiden unabhängigen 24h-Recalls der NVS II, die in einem computergestützten Interview mittels „EPIC-SOFT“ erhoben wurden. Es wurden die Daten von 13.926 Personen, von denen beide Interviews vorlagen, ausgewertet. 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. Die 24h-Recalls sind mittels Bundeslebensmittelschlüssel (BLS) codiert.

(2) Gehaltsdaten

Die Jod-Gehaltsdaten wurden in der vom BfR konzipierten BfR-MEAL-Studie, der ersten Total-Diet-Studie Deutschlands, erhoben. MEAL ist eine Abkürzung für „Mahlzeiten für die Expositionsschätzung und Analytik von Lebensmitteln“. Die im Jahr 2015 initiierte BfR-MEAL-Studie ist eine der umfangreichsten Total-Diet-Studien weltweit (Sarvan et al. 2017).

Jod wurde im Basismodul der BfR-MEAL-Studie in allen 356 Lebensmitteln der Foodlist (Lebensmittelliste) untersucht. Basierend auf den 24h-Recalls der NVS II, deckt die Foodlist mindestens 90 % der durchschnittlichen Lebensmittelzufuhr verschiedener Altersgruppen der Bevölkerung Deutschlands ab und berücksichtigt zudem selten verzehrte Lebensmittel mit bekanntermaßen hohen Gehalten an unerwünschten Stoffen. Die Lebensmittel wurden deutschlandweit in vier verschiedenen Regionen eingekauft, wobei die Produktauswahl die unterschiedlichen Einkaufsgewohnheiten der deutschen Bevölkerung sowie regionale als auch saisonale Besonderheiten berücksichtigt. Die der repräsentativen Zusammenstellung der Proben zugrundeliegenden Informationen wurden über Verbraucherstudien erhoben sowie aus Marktdaten generiert. Die Lebensmittel wurden in der MEAL-Studienküche unter Nachbildung des typischen Verhaltens von Verbraucherinnen und Verbrauchern zubereitet. Anschließend wurden die Lebensmittel und Gerichte gepoolt (gruppiert) und homogenisiert.

Für die Untersuchung auf Jod wurden so insgesamt 840 Pools aus jeweils 15 - 20 Einzellebensmitteln gebildet. Die Pools repräsentieren die Kombinationen verschiedener Einkaufs-Regionen (National, Ost, Süd, West, Nord), Einkaufs-Zeitpunkte (Nicht saisonal, Saison 1, Saison 2) und Erzeugungsarten (Unspezifisch, Biologisch, Konventionell). Die 356 Lebensmittel können 19 Lebensmittelgruppen zugeordnet werden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Sampling Jod – Übersicht

Lebensmittelgruppe	Anzahl	
	Lebensmittel	Pools
01 Getreide und Produkte auf Getreidebasis	40	97
02 Gemüse und Gemüseprodukte	33	151
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse	8	26
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	20	24
05 Obst und Obstprodukte	22	64
06 Fleisch und Fleischprodukte	35	101
07 Fische und Meeresfrüchte	30	39
08 Milch und Milchprodukte	23	37
09 Eier und Eiprodukte	2	10
10 Zucker, Süßwaren und wasserbasierte süße Desserts	15	18
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	8	13
12 Obst- und Gemüsesäfte und -nektare	10	12
13 Wasser und wasserbasierte Getränke	6	12
14 Kaffee, Kakao, Tee	9	12
15 Alkoholische Getränke	8	11

16 Produkte für Säuglinge und Kleinkinder	11	15
17 Vegane/Vegetarische Produkte	7	8
18 Zusammengesetzte Gerichte	53	171
19 Gewürze, Soßen und Würzmittel	16	19
Summe:	356	840

Beispielsweise gehört der Lebensmittelgruppe „05 Obst und Obstprodukte“ das Lebensmittel „Apfel roh“ an. „Apfel roh“ besteht aus zehn Pools, darunter z. B. „Apfel, National, Saison 1, Bio“, „Apfel, National, Saison 2, Bio“, „Apfel, Region Ost, Saison 1, Konventionell“. Jeder dieser Apfel-Pools besteht wiederum aus 15 Äpfeln verschiedener Sorten und Einkaufsstätten.

Die Analytik der Poolproben der BfR-MEAL-Studie erfolgte durch ein externes akkreditiertes Labor mittels induktiv gekoppelter Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS). In Abhängigkeit von der Matrix lagen die Nachweisgrenzen (LOD) bei 0,01; 0,002 bzw. 0,0003 mg/kg und die Bestimmungsgrenzen (LOQ) bei 0,03; 0,006 bzw. 0,001 mg/kg.

Jod-Gehalt der Lebensmittelgruppen

Die für jeden der 840 Pools vorliegenden Einzelergebnisse wurden nach modifiziertem Lower Bound (mLB)-Ansatz (wenn Ergebnis < LOQ, dann Wert = LOD; wenn Ergebnis > LOQ, dann Wert = 0) und Upper Bound (UB)-Ansatz (wenn Ergebnis < LOQ, dann Wert = LOQ; wenn Ergebnis > LOQ, dann Wert = LOD) gemittelt. In acht der 19 Lebensmittelgruppen lagen dabei keine bzw. nur marginale Unterschiede zwischen den Ergebnissen beider Ansätze vor. In den Lebensmittelgruppen „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“, „Tierische und pflanzliche Fette und Öle“, „Obst- und Gemüsesäfte und -nektare“, „Wasser und wasserbasierte Getränke“ und „Produkte für Säuglinge und Kleinkinder“ lag eine größere Anzahl von Einzelproben mit Gehalten unterhalb der analytischen Grenzen vor. Folge sind höhere Ergebnisse des UB-Ansatzes im Vergleich zum mLB-Ansatz in diesen Lebensmittelgruppen (Tabelle 2). In den nachfolgenden Tabellen sind überwiegend die Jod-Gehaltsdaten des UB-Ansatzes dargestellt. Zusätzlich ist die sich daraus ergebende geringfügige Überschätzung der Aufnahmewerte in Tabelle 6 dargestellt und im Abschnitt Unsicherheitsanalyse diskutiert.

In Tabelle 2 ist die Verteilung der Lebensmittel-Mittelwerte innerhalb der Lebensmittelgruppen (n = 19) dargestellt. Die Lebensmittel-Mittelwerte wurden dabei aus den 1 - 10 Pool-Mittelwerten jeder Lebensmittelgruppe berechnet. Aufgrund der im Vergleich zu den anderen Lebensmitteln wesentlich höheren Jod-Gehalte von Algen und Salz, wurden diese getrennt von ihren Lebensmittelgruppen abgebildet.

Bei der Interpretation der Gehaltsdaten ist zu beachten, dass bei der Zubereitung in der MEAL-Studienküche unjodiertes Speisesalz verwendet wurde, d. h. die angegebenen Gehalte beziehen sich auf die natürlichen Jodgehalte bzw. können bei Fertiglernmitteln aus der industriellen Verwendung von Jodsalz resultieren. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass das in der MEAL-Studienküche für die Zubereitung der verzehrfertigen Gerichte und Getränke verwendete Trinkwasser einen relativ hohen Jod-Gehalt von 0,018 mg/kg (Median) aufweist. Ebenfalls im Rahmen der BfR-MEAL-Studie national beprobtes Trinkwasser (n = 29) hat einen niedrigeren Jodgehalt von 0,004 mg/kg (Median). Dieser liegt im Bereich einer deutschlandweiten Trinkwasser-Untersuchung mit Jod-Gehalten von 0,001 - 0,009 mg/kg (Bittermann & Großklaus 1999). Der höhere Jod-Gehalt des MEAL-Trinkwassers wirkt sich insbesondere auf trinkwasserbasierte Lebensmittel aus, wie beispielsweise Tee oder Kaffee.

Die Lebensmittelgruppe mit dem höchsten Jod-Gehalt (Median UB) ist „Eier und Eiprodukte“ (0,497 mg/kg). Diese Lebensmittelgruppe beinhaltet gebratene und gegarte Hühnereier, mit vergleichbaren Jod-Gehalten (siehe Minimum und Maximum). Einen etwa halb so hohen mittleren Gehalt zeigen „Fische und Meeresfrüchte“ (0,230 mg/kg). Die Spannweite der Jod-Gehalte innerhalb dieser Lebensmittelgruppe ist groß, wobei „Karpfen“ den niedrigsten und „Kabeljau“ den höchsten Jod-Gehalt aufweist. Etwas geringere Jod-Gehalte zeigen „Fleisch und Fleischprodukte“ (0,165 mg/kg), mit einem Maximum für „Schnittfeste Rohwurst (Geflügel)“, sowie „Milch und Milchprodukte“ (0,132 mg/kg), mit einem Maximum für „Schafskäse“.

Die niedrigsten Jod-Gehalte weisen „Obst und Obstprodukte“ sowie Getränke („Obst- und Gemüsesäfte und -nektare“, „Wasser und wasserbasierte Getränke“, „Alkoholische Getränke“) auf.

Tabelle 2: Jod-Gehalt der Lebensmittelgruppen (mg/kg) *

Lebensmittelgruppe	Anzahl Lebensmittel	mLB			UB			Lebensmittel mit höchstem Gehalt (Maximum) innerhalb der Lebensmittelgruppe
		Median (mg/kg)	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	Median (mg/kg)	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	
01 Getreide und Produkte auf Getreidebasis	40	0,049	0,000	0,307	0,049	0,002	0,307	Käsekuchen
02a Gemüse und Gemüseprodukte - ohne Algen	32	0,030	0,002	0,148	0,030	0,005	0,148	Grünkohl
02b Algen	1	14,175	14,175	14,175	14,175	14,175	14,175	-
03 Stärkekaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse	8	0,020	0,000	0,075	0,023	0,003	0,075	Kartoffelbrei/Kartoffelpüree
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	20	0,010	0,000	0,239	0,018	0,010	0,239	Gewürze trocken
05 Obst und Obstprodukte	22	0,008	0,001	0,075	0,008	0,003	0,075	Obstkonserven
06 Fleisch und Fleischprodukte	35	0,165	0,015	0,455	0,165	0,015	0,455	Schnittfeste Rohwurst (Geflügel)
07 Fische und Meeresfrüchte	30	0,230	0,017	1,900	0,230	0,017	1,900	Kabeljau
08 Milch und Milchprodukte	23	0,135	0,012	0,645	0,135	0,012	0,645	Schafskäse
09 Eier und Eiprodukte	2	0,497	0,475	0,519	0,497	0,475	0,519	Spiegelei/Hühnerei gebraten
10 Zucker, Süßwaren und wasserbasierte süße Desserts	15	0,036	0,000	0,220	0,036	0,010	0,220	Milchschokolade UND Schokoladen gefüllt mit Sonstigem
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	8	0,003	0,000	0,021	0,015	0,010	0,034	Butter
12 Obst- und Gemüsesäfte und -nektare	10	0,002	0,000	0,021	0,006	0,002	0,021	Apfel Fruchtsaft
13 Wasser und wasserbasierte Getränke	6	0,001	0,000	0,018	0,004	0,002	0,018	Trinkwasser MEAL-Studienküche
14 Kaffee, Kakao, Tee	9	0,017	0,011	1,400	0,017	0,011	1,400	Kakaohaltiges Getränkepulver (Pulver)
15 Alkoholische Getränke	8	0,005	0,002	0,008	0,007	0,006	0,009	Rotwein
16 Produkte für Säuglinge und Kleinkinder	11	0,021	0,002	0,830	0,031	0,006	0,830	Säuglingsmilchnahrung (Pulver)
17 Vegane/Vegetarische Produkte	7	0,022	0,013	0,115	0,022	0,013	0,115	Sojaweiß-Extrudat
18 Zusammengesetzte Gerichte	53	0,100	0,019	0,402	0,100	0,019	0,402	Omelett/Rührei
19a Gewürze, Soßen und Würzmittel - ohne Salz	15	0,130	0,016	0,280	0,130	0,016	0,280	Helle Soßen UND Helle Soßen mit Schinken
19b Salz	1	20,20	20,20	20,20	20,20	20,20	20,20	-

* Verwendung von unjodiertem Speisesalz in der MEAL-Studienküche

Jod-Gehalt der Lebensmittel

Tabelle 3 zeigt die 15 Lebensmittel mit dem höchsten Jod-Gehalt (Mittelwert UB) in absteigender Reihenfolge.

Tabelle 3: Lebensmittel mit höchstem Jod-Gehalt in absteigender Reihenfolge (mg/kg) *

Lebensmittel	Anzahl Pools	MW UB (mg/kg)
Salz	1	20,20
Algen	1	14,18
Kabeljau	1	1,90
Weichtiere	1	1,68
Kakaohaltiges Getränkpulver	1	1,40
Dorschleber	1	1,33
Säuglingsmilchnahrung (Pulver)	2	0,83
Schafskäse	1	0,65
Fischfilet überbacken	1	0,64
Milchfertigbrei (Pulver)	1	0,57
Rollmops	1	0,55
Spiegelei/Hühnerei gebraten	5	0,52
Fischstäbchen	1	0,50
Hühnerei gegart	5	0,47
Schnittfeste Rohwurst (Geflügel)	1	0,46

* Verwendung von unjodiertem Speisesalz in der MEAL-Studienküche

„Salz“ weist mit 20,20 mg/kg den höchsten Jod-Gehalt auf. Den zweithöchsten Jod-Gehalt zeigen „Algen“ mit 14,18 mg/kg. Der Pool besteht aus 20 Teilproben von Algen verschiedener Sorten (u. a. Nori, Wakame, Kombu) in verzehrfertigem Zustand. Er enthält sowohl frische als auch getrocknete, rehydrierte Algen.

Sieben der 15 Lebensmittel mit den höchsten Gehalten gehören zu der Lebensmittelgruppe „Fische und Meeresfrüchte“. Den höchsten Jod-Gehalt weist mit 1,9 mg/kg „Kabeljau“ auf. Der Pool besteht aus 20 Teilproben aus verschiedenen Einkaufsstätten (lt. Marktanteil), frisch oder tiefgekühlt, zubereitet mit haushaltsüblichen Methoden (paniert oder unpaniert; gedünstet, gebraten, gebacken oder gekocht). Auch „Weichtiere“ zeigen einen hohen Jod-Gehalt (1,68 mg/kg). Dieser Pool besteht hauptsächlich aus Miesmuscheln, sowie wenigen Einzelproben Jakobsmuscheln und Austern.

Neben den Vertretern der „Fische und Meeresfrüchte“ gehören „Schafskäse“ (0,65 mg/kg) und „Spiegelei/Hühnerei gebraten“ und „Hühnerei gegart“ (0,52 bzw. 0,47 mg/kg) sowie „Schnittfeste Rohwurst (Geflügel)“ (0,46 mg/kg) zu den Lebensmitteln mit den höchsten Jod-Gehalten.

Bei der Interpretation der in Tabelle 3 aufgeführten Jod-Gehalte von „Kakaohaltigem Getränkpulver (Pulver)“, „Säuglingsmilchnahrung (Pulver)“ und „Milchfertigbrei (Pulver)“ muss berücksichtigt werden, dass sich die Gehaltsdaten auf die Pulver beziehen. Der Jod-Gehalt der rehydrierten, verzehrfertigen Lebensmittel ist niedriger und hängt von der individuellen Dosierung ab.

Einfluss der Erzeugungsart

Für 105 der 356 Lebensmittel wurden spezifische Pools in Abhängigkeit von der Erzeugungsart (Konventionell, Biologisch) zusammengestellt. Basierend darauf ist in Tabelle 4 der Jod-Gehalt von 16 der 19 Lebensmittelgruppen stratifiziert nach der Erzeugungsart dargestellt.

Für die konventionell erzeugten Lebensmittel lagen 1 - 8 Pools je Lebensmittelgruppe vor (n = 285 Pools). Für die biologisch erzeugten Lebensmittel lagen 1 - 2 Pools je Lebensmittelgruppe vor (n = 146 Pools). Analog zum bereits beschriebenen vorgehen, wurden die Mittelwerte der konventionell bzw. biologisch erzeugten Pools jeder Lebensmittelgruppe (n = 105) gemittelt. Auf Basis dieser Lebensmittel-Mittelwerte werden jeweils Median und Spannweite der Lebensmittelgruppen (n = 16) dargestellt (Tabelle 4).

Den deutlichsten Unterschied zeigen „Produkte für Säuglinge und Kleinkinder“ – mit einem um Faktor sechs höheren Gehalt bei konventionell im Vergleich zu biologisch erzeugten Produkten (Median UB: 0,113 vs. 0,020 mg/kg). Ein sichtbarer Unterschied liegt ebenfalls in der Lebensmittelgruppe „Getreide und Getreideprodukte“ vor. Hier weisen die konventionell erzeugten Produkte einen doppelt so hohen Jod-Gehalt auf wie die Bio-Produkte (0,052 vs. 0,027 mg/kg). Auch die konventionell erzeugten „Veganen/Vegetarischen Produkte“ weisen im Mittel einen doppelt so hohen Jodgehalt wie die biologisch erzeugten auf (0,047 vs. 0,022 mg/kg) – dieser Vergleich bezieht sich auf zwei „Tofu“-Pools.

Im Gegensatz dazu weisen konventionell erzeugte „Obst und Obstprodukte“ einen wesentlich niedrigeren Jod-Gehalt auf als die biologisch erzeugten Proben (0,006 vs. 0,024 mg/kg).

Tabelle 4: Jod-Gehalt der Lebensmittelgruppen – nach Erzeugung (mg/kg) *

Lebensmittelgruppe	Konventionelle Erzeugung UB					Biologische Erzeugung UB				
	Anzahl Lebensmittel	Anzahl Pools	Median (mg/kg)	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	Anzahl Lebensmittel	Anzahl Pools	Median (mg/kg)	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)
01 Getreide und Produkte auf Getreidebasis	15	33	0,052	0,002	0,233	15	15	0,027	0,002	0,140
02 Gemüse und Gemüseprodukte	13	47	0,015	0,006	0,059	13	20	0,016	0,004	0,066
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse	4	14	0,023	0,002	0,045	4	8	0,017	0,003	0,115
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	4	4	0,041	0,013	0,360	4	4	0,029	0,015	0,119
05 Obst und Obstprodukte	7	24	0,006	0,002	0,043	7	12	0,024	0,004	0,083
06 Fleisch und Fleischprodukte	12	40	0,121	0,010	0,370	12	16	0,103	0,004	0,380
08 Milch und Milchprodukte	7	7	0,145	0,010	0,187	7	14	0,128	0,075	0,175
09 Eier und Eiprodukte	2	8	0,486	0,467	0,505	2	2	0,540	0,505	0,574
10 Zucker, Süßwaren und wasserbasierte süße Desserts	3	3	0,030	0,020	0,283	3	3	0,030	0,030	0,158
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	4	4	0,020	0,010	0,034	4	5	0,010	0,010	0,034
12 Obst- und Gemüsesäfte und -nektare	2	2	0,014	0,006	0,021	2	2	0,013	0,006	0,020
13 Wasser und wasserbasierte Getränke	0	0	-	-	-	0	0	-	-	-
14 Kaffee, Kakao, Tee	3	3	0,015	0,011	0,018	3	3	0,014	0,012	0,016
15 Alkoholische Getränke	3	3	0,006	0,006	0,008	3	3	0,009	0,007	0,011
16 Produkte für Säuglinge und Kleinkinder	4	4	0,113	0,006	0,965	4	4	0,020	0,006	0,695
17 Vegane/Vegetarische Produkte	1	1	0,047	0,047	0,047	1	1	0,022	0,022	0,022
18 Zusammengesetzte Gerichte	21	88	0,095	0,011	0,400	21	34	0,085	0,006	0,410
19 Gewürze, Soßen und Würzmittel	0	0	-	-	-	0	0	-	-	-
Summe:	105	285		-		105	146		-	

* Verwendung von unjodiertem Speisesalz in der MEAL-Studienküche

Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Jod-Gehalte der Lebensmittel der drei Lebensmittelgruppen mit dem deutlichsten Einfluss der Erzeugungsart.

Tabelle 5: Jod-Gehalt der Lebensmittel der Lebensmittelgruppen "Getreide und Getreideprodukte", "Obst und Obstprodukte" und "Produkte für Säuglinge und Kleinkinder" – nach Erzeugung (mg/kg) *

Lebensmittel(gruppe)	Konventionelle Erzeugung		Biologische Erzeugung	
	Anzahl Pools	MW UB (mg/kg)	Anzahl Pools	MW UB (mg/kg)
<i>01 Getreide und Produkte auf Getreidebasis (n=15)</i>	33		15	
Eierpfannkuchen/Frischeiwaffeln	4	0,233	1	0,140
Früchte Müsli	1	0,030	1	0,030
Graubrot mit Zutaten	4	0,049	1	0,052
Graubrote	4	0,052	1	0,022
Haferflocken	1	0,010	1	0,020
Laugengebäck	4	0,059	1	0,002
Mischgetreidewaffeln gepufft	1	0,010	1	0,010
Reis	1	0,111	1	0,088
Reiswaffeln	1	0,079	1	0,065
Schoko Müsli	1	0,074	1	0,035
Sonstiges Müsli	1	0,030	1	0,030
Teigwaren eifrei	1	0,002	1	0,002
Teigwaren mit Ei	1	0,061	1	0,027
Vollkornbrot/Vollkornbrötchen	4	0,033	1	0,011
Weißbrote/Brötchen	4	0,091	1	0,018
<i>05 Obst und Obstprodukte (n=7)</i>	24		12	
Apfel roh	8	0,027	2	0,034
Apfel verarbeitet/Apfelmus	8	0,028	2	0,083
Banane roh	1	0,006	1	0,006
Birne roh	2	0,002	2	0,004
Kiwi roh	2	0,043	2	0,035
Orange, Apfelsine, Mandarine, Clementine roh	1	0,006	1	0,007
Weintrauben roh	2	0,004	2	0,024
<i>16 Produkte für Säuglinge und Kleinkinder (n=4)</i>	4		4	
Getreidebrei (Pulver)	1	0,150	1	0,014
Obstbrei (verzehrfsfertig)	1	0,006	1	0,006
Baby-/Junior-Gläschen/Menü (verzehrfsfertig)	1	0,076	1	0,026
Säuglingsmilchnahrung (Pulver)	1	0,965	1	0,695

* Verwendung von unjodiertem Speisesalz in der MEAL-Studienküche

Der höhere Jod-Gehalt der konventionell erzeugten „Getreide und Getreideprodukte“ ist speziell bei den Lebensmitteln „Graubrote“, „Vollkornbrote/-brötchen“ und „Weißbrote/-brötchen“ sichtbar (Faktor 2,4 - 5,1). Dieser Unterschied geht konform mit den Ergebnissen der Markterhebung der Uni Gießen, welche zeigt, dass keines der erhobenen biozertifizierten Produkte der Warengruppe Brotwaren mit Jodsalz zubereitet wurde (Bissinger et al. 2018). Die BfR-MEAL-Studie zeigt darüber hinaus bei konventionell erzeugten „Eierteigwaren“ und „Schokomüsli“ etwa doppelt so hohe Jod-Gehalte wie für die jeweiligen Bio-Produkte.

Von „Obst und Obstprodukten“ weisen speziell die konventionell erzeugten Lebensmittel „Apfel verarbeitet/Apfelmus“ und „Weintrauben“ geringere Jod-Gehalte auf als die biologisch erzeugten Produkte.

Der Unterschied zwischen konventionell und biologisch erzeugten „Produkten für Säuglinge und Kleinkinder“ basiert auf dem deutlich höheren Jod-Gehalt von konventionell erzeugtem „Getreidebrei (Pulver)“. Auch konventionell erzeugte „Säuglingsmilchnahrung (Pulver)“ zeigt

einen höheren Jod-Gehalt als der Bio-Pool. Der Unterschied zwischen den „Baby-/Junior-Gläschen/Menüs“ kann in der Zusammenstellung der Pools mitbedingt sein. Während sechs der 15 Einzelproben des konventionellen Pools Fisch enthielten, enthielt keine der Einzelproben des Bio-Pools Fisch.

Generell ist bei der Interpretation der Unterschiede darauf hinzuweisen, dass diese statistisch als Mittelwertunterschiede von 15 - 20 Teilproben zu interpretieren sind und durch Gehalte unter der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze beeinflusst sein können.

2. Expositionsschätzung

Für jede teilnehmende Person der 24h-Recalls wurde die langfristige Verzehrsmenge bestimmt, indem für jedes Lebensmittel der BfR-MEAL-Studie der mittlere Verzehr über beide Verzehrstage bestimmt wurde. Zur Expositionsschätzung wurde jedem dieser Verzehrereignisse basierend auf dem BLS-Code der 24h-Recalls ein Lebensmittel aus dem MEAL-Probenplan zugeordnet. Bei diesem Schritt wurden, falls notwendig, Verarbeitungsfaktoren berücksichtigt, um sicherzustellen, dass die Verzehrdaten und die Gehaltsdaten in der gleichen Form (z. B. gegart) vorlagen. Diese Zuordnung erlaubt es, für jeden MEAL-Pool die passenden Verzehrereignisse zu identifizieren.

Basierend auf dieser Zuordnung wurde für jedes Verzehrereignis die Exposition berechnet, indem die Verzehrsmenge mit dem Gehalt aus jedem Pool aus den MEAL-Ergebnissen multipliziert wurde. Falls in einem Pool mehr als ein analytisches Ergebnis vorlag, wurde der Mittelwert aller Ergebnisse ausgewählt. Werte unterhalb der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze wurden durch die Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze ersetzt (Upper Bound-Ansatz).

Für die vorliegende Stellungnahme wurden ausschließlich die Unterschiede zwischen konventioneller und biologischer Erzeugung betrachtet. Durch die unterschiedliche Stratifizierung der Pools kommen aber Lebensmittel vor, für die mehr als ein biologischer oder konventioneller Pool erstellt wurde (z. B. Blumenkohl, welcher sowohl regional, saisonal als auch nach Erzeugungsart stratifiziert beprobt wurde). Auch existieren Lebensmittel mit keiner Stratifizierung (z. B. Hirse) oder solche, die nicht nach Erzeugungsform stratifiziert wurden (z. B. Karpfen mit nur regionaler Stratifizierung). Um dennoch die Expositionen auf Lebensmittelgruppen zu aggregieren oder die Gesamtexposition jedes Individuums in den Szenarien „Gesamter Verzehr mit biologischer bzw. konventioneller Erzeugung“ angeben zu können, wurde wie folgt vorgegangen:

1. Liegt eine exakt passende Stratifizierung vor (z. B. nur biologische Erzeugung)?
Wenn "Ja", wurde dieser Pool ausgewählt.
2. Wenn "Nein", wurde geprüft, ob zusätzlich saisonal beprobt wurde, also für beide Saisons ein Pool mit biologischer Erzeugung vorliegt.
Wenn "Ja", wurde der mittlere Gehalt beider Saisons verwendet.
3. Wenn "Nein", wurde geprüft, ob zusätzlich regional (aber nicht saisonal) beprobt wurde.
Wenn "Ja", wurde jeder verzehrenden Person die passende Region (basierend auf dem Bundesland) zugeordnet und der entsprechende Pool ausgewählt (z. B. Region Nord mit biologischer Erzeugung).
4. Wenn "Nein", wurde nach gleichzeitiger Beprobung in Saison und Region geprüft.
Wenn "Ja", wurde jeder verzehrenden Person der mittlere Gehalt beider Saisons in der passenden Region zugeordnet.

Für Lebensmittel, die nicht nach Erzeugungsart stratifiziert wurden, wurde nach einem ähnlichen Schema ein anderer Pool substituiert:

1. Existiert ein Pool ohne Stratifizierung?
Wenn "Ja", wurde dieser ausgewählt
2. Wenn "Nein", existieren saisonale Pools?
Wenn "Ja", wurde der mittlere Gehalt beider Saisons verwendet.
3. Wenn "Nein", existieren regionale Pools?
Wenn "Ja", wurde jeder verzehrenden Person der regional passende Pool zugeordnet.
4. Wenn "Nein", existieren regional- und saisonale Pools?
Wenn "Ja", wurde jeder verzehrenden Person der mittlere Gehalt beider regional passenden Saisons zugeordnet.

Der Unterschied zu dem ersten Vorgehen ist, dass bei diesem zweiten Schema Unspezifität in der Erzeugungsart verwendet wurde. Es ordnet somit sowohl bei Stratifizierung nach biologischer oder konventioneller Erzeugung in der aggregierten Expositionsschätzung den exakt gleichen Wert zu, womit Unterschiede in der Expositionsschätzung ausschließlich aus Unterschieden aus Lebensmitteln mit Stratifizierung in Erzeugungsart resultieren.

Die Expositionsschätzung wurde mittels der Software R durchgeführt.

Gesamtaufnahme von Jod auf Basis aller Befragten

Wie beschrieben, wurden für die Ermittlung der Gesamtaufnahme aller Befragten für alle Teilnehmenden der 24h-Recalls auf individueller Ebene die Jod-Aufnahmewerte der einzelnen Lebensmittel summiert.

In Tabelle 6 sind Mittelwert, Median und 95. Perzentil der resultierenden Aufnahme dargestellt. Die auf Basis der UB-Gehaltsdaten geschätzte Jod-Aufnahme ist marginal höher im Vergleich zum mLb-Ansatz. Beispielsweise ist die mittlere Jod-Gesamtaufnahme (Median, konventionelle Erzeugung) im UB-Szenario (107 µg/d) um 3 µg/d höher als im mLb-Szenario (104 µg/d). In den nachfolgenden Tabellen ist deshalb nur die auf Basis des UB-Ansatzes geschätzte Jod-Aufnahme dargestellt. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass der beschriebene Effekt zu einer geringfügigen Überschätzung der Jod-Aufnahme führen kann.

Die Szenarien „Biologische Erzeugung“ und „Konventionelle Erzeugung“ basieren auf den Jod-Gehaltsdaten der konventionell bzw. biologisch erzeugten MEAL-Pools. Für die 251 Lebensmittel, für die keine nach Erzeugungsart stratifizierten Pools vorlagen, wurde nach oben beschriebenem Schema in beiden Szenarien derselbe nicht erzeugungsspezifische Wert des entsprechenden Lebensmittels substituiert.

Tabelle 6: Jod-Aufnahme – nach Erzeugung ($\mu\text{g}/\text{d}$) *

	N	Konventionelle Erzeugung mLB			Konventionelle Erzeugung UB			Biologische Erzeugung mLB			Biologische Erzeugung UB		
		MW ($\mu\text{g}/\text{d}$)	Median ($\mu\text{g}/\text{d}$)	P95 ($\mu\text{g}/\text{d}$)	MW ($\mu\text{g}/\text{d}$)	Median ($\mu\text{g}/\text{d}$)	P95 ($\mu\text{g}/\text{d}$)	MW ($\mu\text{g}/\text{d}$)	Median ($\mu\text{g}/\text{d}$)	P95 ($\mu\text{g}/\text{d}$)	MW ($\mu\text{g}/\text{d}$)	Median ($\mu\text{g}/\text{d}$)	P95 ($\mu\text{g}/\text{d}$)
Gesamt	13926	111	104	196	114	107	199	106	100	188	108	102	190
Weiblich	7029	103	97	174	104	99	176	98	93	168	100	95	169
Männlich	6897	120	112	214	124	115	218	115	108	204	118	110	207
14 - 18 Jahre	937	98	89	189	101	92	192	91	82	182	93	85	185
19 - 64 Jahre	10332	113	106	198	116	109	202	108	101	189	110	103	191
65 - 80 Jahre	2657	109	102	190	111	104	193	106	98	184	107	100	185
Vegetarier/in	212	103	98	178	105	100	179	97	89	180	99	91	183
Kein/e Vegetarier/in	13714	111	104	196	114	107	199	107	100	188	109	102	190

* bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt

Die mittlere Jod-Aufnahme (Median UB) liegt bei 107 µg/d (Konventionelle Erzeugung) bzw. 102 µg/d (Biologische Erzeugung). Das 95. Perzentil der Jod-Aufnahme beträgt 199 µg/d (Konventionelle Erzeugung) bzw. 190 µg/d (Biologische Erzeugung). Die Jod-Aufnahme ist im Szenario „Biologische Erzeugung“ etwas niedriger. Der Unterschied könnte unterschätzt worden sein, da nur 105 der 356 Lebensmittel stratifiziert nach Erzeugungsart beprobt wurden.

Frauen haben mit im Mittel 99 µg/d eine geringere Jod-Aufnahme als Männer mit 115 µg/d. Jugendliche (14 - 18 Jahre) haben mit im Mittel 92 µg/d eine geringere Jodaufnahme als Erwachsene mit 109 µg/d. Vegetarisch essende Teilnehmende der NVS II (n = 215) zeigen mit im Mittel 100 µg/d eine etwas geringere Jod-Aufnahme als die nicht-vegetarisch Essende mit 107 µg/d (alle Werte: Median UB, Konventionelle Erzeugung). Der Untergruppe der NVS II-Vegetarier/innen gehören auch Pesco-Vegetarier/innen an, deren Jod-Aufnahme durch den Verzehr von Fisch wahrscheinlich höher ist als bei Vegetariern und Vegetarierinnen, die keinen Fisch verzehren.

Die beschriebenen Unterschiede liegen im Szenario „Biologische Erzeugung“ in einem vergleichbaren Bereich.

Bei der Interpretation dieser Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass bei der Zubereitung der Lebensmittel in der MEAL-Studienküche unjodiertes Salz verwendet wurde. Zudem wurde auf Seite der Verzehrdaten Salz, welches z. B. für Zusatzsalzen im Haushalt verwendet wurde, nicht in der Expositionsschätzung berücksichtigt. Bei Verwendung von Jodsalz im Haushalt ergäbe sich demzufolge eine höhere Jod-Aufnahme. Dies trifft auf etwa 84 % der Bevölkerung Deutschlands zu (Großklaus 2017). Der Anteil der Salz-Zufuhr über Kochen im Haushalt und Zusatzsalzen wird auf 10 - 11 % der Gesamt-Salz-Zufuhr geschätzt (Mattes et Donnelly 1991, Zimmermann 2010). Die Gesamt-Salz-Zufuhr in Deutschland wird, basierend auf Spontanurin-Messungen, auf 8,4 bzw. 10 g/d (Median, Frauen bzw. Männer) geschätzt (Johner et al. 2015). Basierend auf diesen Annahmen, würden Frauen bzw. Männer, die Jodsalz (mit 20 µg Jod/kg) im Haushalt verwenden, zusätzlich im Mittel 18 bzw. 21 µg Jod/d aufnehmen. Eine Summenbildung mit der auf Basis der BfR-MEAL-Studie geschätzten Jod-Aufnahme (siehe Tabelle 6) ergibt eine mittlere Jod-Aufnahme (Median, Konventionelle Erzeugung UB) von 117 µg/d (Frauen) bzw. 136 µg/d (Männer) bei Verwendung von Jodsalz im Haushalt.

Auf der anderen Seite muss berücksichtigt werden, dass das in der BfR-MEAL-Studie für die Zubereitung der verzehrfertigen Gerichte und Getränke verwendete Trinkwasser einen vergleichsweise hohen Jod-Gehalt aufweist. In Gebieten mit niedrigeren Trinkwassergehalten ist die Jod-Aufnahme der Bevölkerung entsprechend geringer.

In den Tabellen 7a und b ist der Anteil der Individuen mit einer geringeren Jod-Aufnahme als dem Estimated Average Requirement (EAR) von 95 µg/d bzw. dem Recommended Dietary Allowance (RDA) von 150 µg/d dargestellt. Tabelle 7a zeigt diese Anteile auf Basis der Jod-Gehaltsdaten der BfR-MEAL-Studie, d. h. bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt. In Tabelle 7b sind die Anteile unter der Annahme der Verwendung von Jodsalz im Haushalt dargestellt. Dafür wurden zur individuellen Jod-Aufnahme der Frauen und Männer, 18 bzw. 21 µg Jod/d hinzuaddiert.

Tabelle 7a: Anteil Individuen mit Jod-Aufnahme < EAR bzw. < RDA (%) – bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt

	N	Jod-Aufnahme < EAR (%)		Jod-Aufnahme < RDA (%)	
		Konventionelle Erzeugung	Biologische Erzeugung	Konventionelle Erzeugung	Biologische Erzeugung
Gesamt	13926	38	43	82	85
Weiblich	7029	45	50	88	90
Männlich	6897	31	36	76	79
14 - 18 Jahre	937	53	59	86	89
19 - 64 Jahre	10332	37	41	81	84
65 - 80 Jahre	2657	40	44	85	87
Vegetarier/in	212	45	51	87	90
Kein/e Vegetarier/in	13714	38	43	82	85

Bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz zeigen 38 % (Konventionelle Erzeugung) bzw. 43 % (Biologische Erzeugung) der Individuen eine Jod-Aufnahme unterhalb des EAR. Mit einem Anteil von 82 % (Konventionelle Erzeugung) bzw. 85 % (Biologische Erzeugung) erreicht die Mehrzahl der Individuen nicht den RDA. Analog zu den Jod-Aufnahme-Werten erreicht ein geringerer Anteil der Frauen, Jugendlichen und Vegetarier/innen die Referenzwerte – unabhängig vom Szenario (Tabelle 7a).

Tabelle 7b: Anteil Individuen mit Jod-Aufnahme < EAR bzw. < RDA (%) – bei Verwendung von Jodsalz (mit 20 µg Jod/kg) im Haushalt

	N	Jod-Aufnahme < EAR (%)		Jod-Aufnahme < RDA (%)	
		Konventionelle Erzeugung	Biologische Erzeugung	Konventionelle Erzeugung	Biologische Erzeugung
Gesamt	13926	20	23	71	75
Weiblich	7029	26	30	79	83
Männlich	6897	14	17	62	67
14 - 18 Jahre	937	34	41	78	83
19 - 64 Jahre	10332	19	22	69	74
65 - 80 Jahre	2657	20	22	74	77
Vegetarier/in	212	27	30	76	80
Kein/e Vegetarier/in	13714	20	23	71	75

Bei Verwendung von Jodsalz zeigt mit 20 % (Konventionelle Erzeugung) bzw. 23 % (Biologische Erzeugung) ein nur etwa halb so hoher Anteil der Individuen eine Jod-Aufnahme unterhalb des EAR. Trotz dessen erreicht mit einem Anteil von 71 % (Konventionelle Erzeugung) bzw. 75 % (Biologische Erzeugung) die Mehrzahl der Individuen nicht den RDA (Tabelle 7b). Eine Jod-Aufnahme oberhalb des Upper Levels (UL) von 500 µg/d liegt bei zwei Individuen vor, sowohl bei der Verwendung von unjodiertem Salz als auch bei der Verwendung von Jodsalz – unabhängig vom Szenario.

Jod-Aufnahme über Lebensmittelgruppen

In Tabelle 8 ist die Jod-Aufnahme über die einzelnen Lebensmittelgruppen auf Basis der Verzehrer/innen der Lebensmittelgruppen dargestellt.

Tabelle 8: Jod-Aufnahme über Lebensmittelgruppen (nur Verzehrer/innen) - nach Erzeugung (µg/d) *

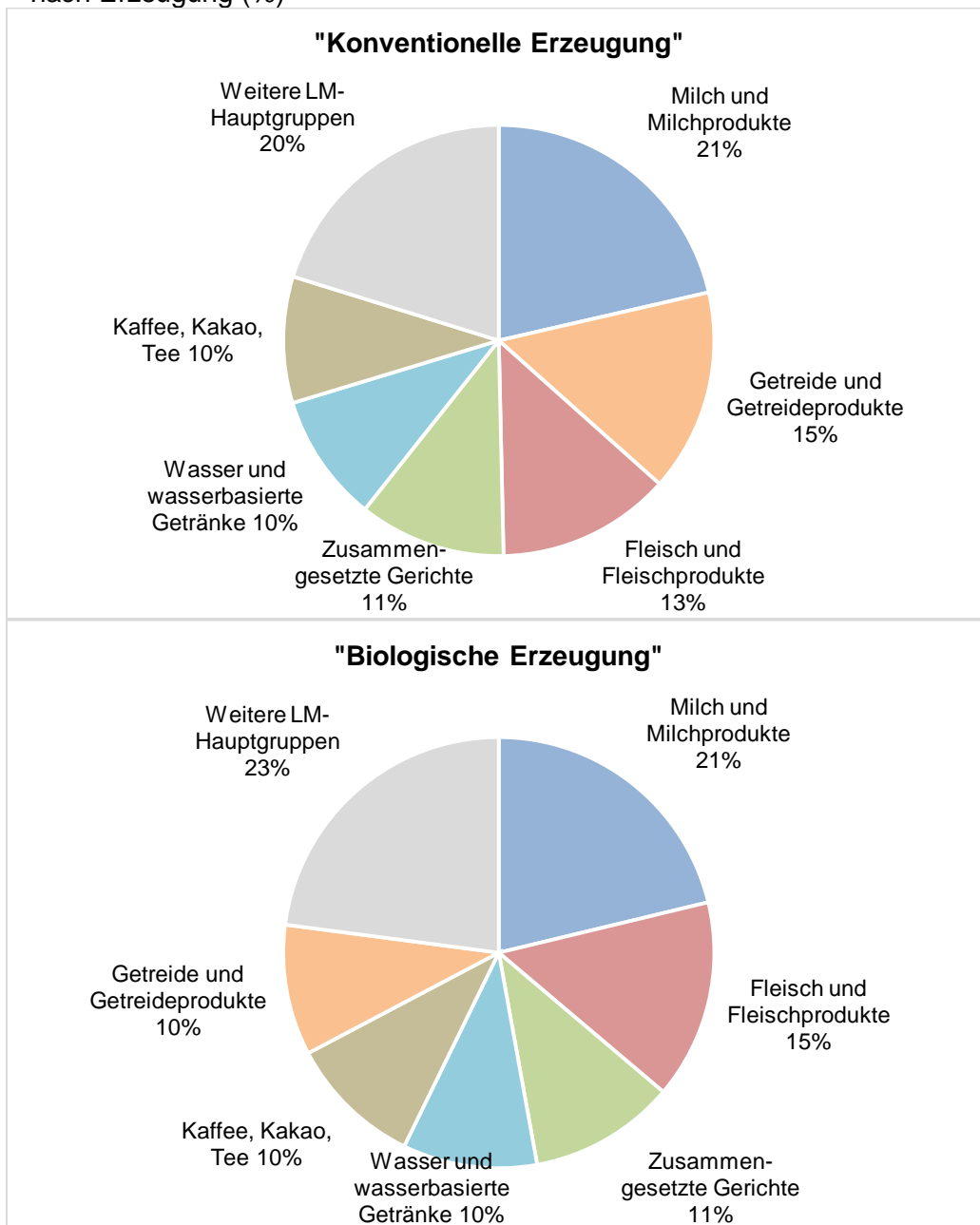
Lebensmittelgruppe	Konventionelle Erzeugung UB			Biologische Erzeugung UB		
	MW (µg/d)	Median (µg/d)	P95 (µg/d)	MW (µg/d)	Median (µg/d)	P95 (µg/d)
01 Getreide und Produkte auf Getreidebasis	17,1	13,0	45,9	10,6	6,0	34,6
02 Gemüse und Gemüseprodukte	2,4	1,6	6,8	2,5	1,7	7,4
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse	2,2	1,4	6,6	2,5	0,7	12,7
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	0,4	0,1	1,4	0,3	0,1	1,1
05 Obst und Obstprodukte	3,4	2,0	11,1	4,4	3,3	13,8
06 Fleisch und Fleischprodukte	16,4	12,7	43,2	17,8	14,2	45,2
07 Fische und Meeresfrüchte	24,9	11,2	78,7	25,3	11,6	79,2
08 Milch und Milchprodukte	28,2	20,7	80,4	26,5	19,1	76,2
09 Eier und Eiprodukte	20,5	13,8	41,4	23,1	15,5	46,5
10 Zucker, Süßwaren und wasserbasierte süße Desserts	3,2	1,1	14,1	2,8	1,1	11,0
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	0,7	0,5	1,8	0,6	0,4	1,7
12 Obst- und Gemüsesäfte und -nektare	2,1	1,1	7,4	2,1	1,1	7,3
13 Wasser und wasserbasierte Getränke	10,2	8,0	26,4	10,2	8,0	26,4
14 Kaffee, Kakao, Tee	11,0	9,3	25,6	11,1	9,3	25,9
15 Alkoholische Getränke	3,0	2,0	9,0	4,8	2,8	14,5
17 Vegane/Vegetarische Produkte	2,6	1,2	10,6	2,3	0,9	10,5
18 Zusammengesetzte Gerichte	18,7	14,4	49,5	17,5	13,0	46,8
19 Gewürze, Soßen und Würzmittel	5,5	3,8	16,6	5,5	3,8	16,6

* bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt

Den höchsten Beitrag zur Jod-Aufnahme leisten „Milch und Milchprodukte“. Über diese Lebensmittelgruppe werden täglich im Mittel 20,7 µg Jod (Konventionelle Erzeugung) bzw. 19,1 µg Jod (Biologische Erzeugung) (Median UB) aufgenommen. Die Jod-Aufnahme über „Zusammengesetzte Gerichte“, „Eier und Eiprodukte“, „Getreide und Getreideprodukte“, „Fleisch und Fleischprodukte“ sowie „Fische und Meeresfrüchte“ liegt mit 8,0 - 14,4 µg/d (Konventionelle Erzeugung, Median UB) im mittleren Bereich. Getränke leisten aufgrund der hohen Verzehrsmengen ebenfalls einen Beitrag zur Jod-Aufnahme. Wie bereits erläutert, ist in Gebieten mit niedrigeren Jod-Gehalten im Trinkwasser, die Jod-Aufnahme durch Trinkwasserbasierte Getränke geringer. Über die weiteren Lebensmittelgruppen erfolgt eine geringe Jod-Aufnahme von 0,1 - 3,8 µg/d (Konventionelle Erzeugung, Median UB).

Abbildung 1 zeigt die prozentualen Anteile der Lebensmittelgruppen an der Jod-Aufnahme auf Basis aller Befragten. In beiden Szenarien leisten „Milch- und Milchprodukte“ mit 21 % den höchsten Beitrag zur Jod-Aufnahme. Während „Getreide und Getreideprodukte“ bei „Konventioneller Erzeugung“ an zweiter Stelle (15 %) stehen, stehen sie bei „Biologischer Erzeugung“ aufgrund des geringeren Jod-Gehaltes, speziell der Brote und Brötchen, an sechster Stelle (10 %). Hohe Anteile an der Jod-Aufnahme (10 - 15 %) zeigen zudem „Fleisch und Fleischprodukte“, „Zusammengesetzte Gerichte“ und Getränke – unabhängig vom Szenario.

Abbildung 1: Anteil der Lebensmittelgruppen an der mittleren Jod-Aufnahme (alle Befragten) – nach Erzeugung (%) *



* bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt

Jod-Aufnahme über Lebensmittel

Tabelle 9 zeigt die Lebensmittel mit dem höchsten Anteil an der mittleren Jod-Aufnahme.

Tabelle 9: Lebensmittel mit höchsten Anteilen an der mittleren Jod-Aufnahme (alle Befragten) – nach Erzeugung (%) *

Konventionelle Erzeugung		Biologische Erzeugung	
Anteil (%)	Lebensmittel	Anteil (%)	Lebensmittel
8,9	Kuhmilch	9,3	Kuhmilch
6,2	Mineralwasser	6,5	Mineralwasser
3,7	Weißbrote/Brötchen	3,3	Joghurtherzeugnisse, -drinks
3,7	Joghurtherzeugnisse, -drinks	3,1	Löslicher Kaffee (Getränk)
3,0	Löslicher Kaffee (Getränk)	2,9	Kaffee (Getränk)
2,6	Kaffee (Getränk)	2,7	Trinkwasser
2,6	Trinkwasser	2,5	Apfel roh
2,2	Schnittfeste Rohwurst	2,4	Hühnerei gegart
2,1	Hühnerei gegart	2,4	Schnittfeste Rohwurst
1,9	Apfel roh	2,0	Schwein Fleisch gegart

* bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt

In beiden Szenarien leistet „Kuhmilch“ mit 8,9 bzw. 9,3 % den höchsten Beitrag zur Jod-Aufnahme, gefolgt von „Mineralwasser“ mit 6,2 bzw. 6,5 %. Während bei „Konventioneller Erzeugung“ „Weißbrote/Brötchen“ (3,3 %) an dritter Stelle folgen, sind diese bei „Biologischer Erzeugung“, aufgrund des geringeren Jod-Gehaltes, nicht unter den Top Ten. Weitere Lebensmittel mit einem hohen Beitrag zur Jod-Aufnahme auf Basis aller Befragten sind in beiden Szenarien „Joghurtherzeugnisse“, „Trinkwasser“ und darauf basierende Getränke, „Hühnerei gegart“, „Schnittfeste Rohwurst“ sowie „Apfel roh“.

Vergleich des unteren und oberen Expositions-Quintils

Basierend auf der Unterteilung der Stichprobe in Quintile in Abhängigkeit von den individuellen Expositionen, sollen die Individuen mit der geringsten Jod-Aufnahme (Unteres Quintil) und die Individuen mit der höchsten Jod-Aufnahme (Oberes Quintil) verglichen werden.

In Tabelle 10 sind die Personenmerkmale der Individuen des unteren und oberen Expositions-Quintils dargestellt. Der Vergleich mit den Personenmerkmalen des Gesamtkollektivs (Spalte 2) zeigt, dass der Frauen-Anteil im unteren Quintil etwas höher ist (63 %), während er im oberen Quintil deutlich geringer ist (34 %) als im Gesamtkollektiv (55 %). Im Gegensatz dazu ist der Männer-Anteil im unteren Quintil niedriger (37 %) und im oberen Quintil deutlich höher (66 %) als im Gesamtkollektiv (45 %). Die Altersgruppen-Stratifizierung zeigt den deutlichsten Unterschied bei den Jugendlichen. Ihr Anteil ist im obersten Quintil nur etwa halb so hoch wie im Gesamtkollektiv (5 vs. 9 %) (alle Werte: Konventionelle Erzeugung).

Die Anteile liegen im Szenario „Biologische Erzeugung“ im selben Bereich.

Tabelle 10: Personenmerkmale der Individuen des unteren und oberen Expositions-Quintils (%) *

	Gesamt	Konventionelle Erzeugung		Biologische Erzeugung	
		Unteres Quintil	Oberes Quintil	Unteres Quintil	Oberes Quintil
N	13926	2828	2830	3299	2335
Weiblich (%)	55	63	34	62	33
Männlich (%)	45	37	66	38	67
14 - 18 Jahre (%)	9	11	5	12	5
19 - 64 Jahre (%)	73	69	79	70	79
65 - 80 Jahre (%)	18	19	16	19	17
Vegetarier/in (%)	2	2	1	2	1
Keine Vegetarier/in (%)	98	98	99	98	99

* bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt

In Tabelle 11 ist der Anteil der Lebensmittelgruppen an der mittleren Jod-Aufnahme der Individuen des oberen sowie des unteren Expositions-Quintils dargestellt.

Tabelle 11: Anteil der Lebensmittelgruppen an der mittleren Jod-Aufnahme (alle Befragten) – unteres und oberes Expositions-Quintil (%) *

Lebensmittelgruppe	Konventionelle Erzeugung (%)		Biologische Erzeugung (%)	
	Unteres Quintil	Oberes Quintil	Unteres Quintil	Oberes Quintil
01 Getreide und Produkte auf Getreidebasis	16	14	9	9
02 Gemüse und Gemüseprodukte	2	1	2	1
03 Stärkekhaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse	2	1	2	1
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	0	0	0	0
05 Obst und Obstprodukte	3	2	4	3
06 Fleisch und Fleischprodukte	14	12	16	13
07 Fische und Meeresfrüchte	1	7	1	8
08 Milch und Milchprodukte	15	28	16	28
09 Eier und Eiprodukte	2	4	2	6
10 Zucker, Süßwaren und wasserbasierte süße Desserts	2	2	2	2
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	1	0	1	0
12 Obst- und Gemüsesäfte und -nektare	1	1	1	0
13 Wasser und wasserbasierte Getränke	14	6	14	6
14 Kaffee, Kakao, Tee	12	6	13	7
15 Alkoholische Getränke	2	1	2	2
17 Vegane/Vegetarische Produkte	0	0	0	0
18 Zusammengesetzte Gerichte	10	11	11	11
19 Gewürze, Soßen und Würzmittel	4	2	4	2

* bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt

Auch wenn in Tabelle 10 kein Unterschied im prozentualen Anteil der Vegetarier/innen zwischen oberem und unterem Perzentil existiert, zeigt sich in der Betrachtung der Lebensmittelgruppen (Tabelle 11) ein vergleichsweise höherer Einfluss der Lebensmittelgruppen aus tierischen Produkten auf die Gesamtaufnahme der Personen mit hohen Jodaufnahmen (oberes Quintil) als mit geringen Jodaufnahmen (unteres Quintil). So unterscheiden sich im Szenario „Konventionelle Erzeugung“ der Einfluss der Lebensmittelgruppe „Fische und Meeresfrüchte“ mit 1 % im unteren Quintil zu 7 % im oberen Quintil. Bei der Lebensmittelgruppe „Milch und Milchprodukte“ beträgt dieser Unterschied 15 % zu 28 und für „Eier und Eiprodukte“ 2 % zu 4 %. Dagegen zeigen sich in der Lebensmittelgruppe „Fleisch und Fleischprodukte“ geringfügig höhere Anteile im unteren Quintil (14 %) verglichen mit dem oberen Quintil (12 %).

Insgesamt leisten im Szenario „Konventionelle Erzeugung“ im unteren Quintil „Getreide und Getreideprodukte“, „Milch- und Milchprodukte“, „Fleisch und Fleischprodukte“ und Getränke mit Anteilen von 12 - 16 % den höchsten Beitrag zur Jod-Aufnahme. Dahingegen leistet im oberen Quintil „Milch und Milchprodukte“ mit 28 % den mit Abstand höchsten Beitrag zu Jod-Aufnahme. Auch „Fische und Meeresfrüchte“ haben im oberen Quintil einen deutlich höheren Anteil (7 % vs. 1 %), während Trinkwasser und darauf basierte Getränke geringere Anteile zeigen (6 % vs. 14 bzw. 12 %). Im Szenario „Biologische Erzeugung“ liegen vergleichbare Unterschiede zwischen oberem und unterem Expositions-Quintil vor.

Jod-Aufnahme der Jod-Supplementnehmer/innen

In Tabelle 12 ist die aggregierte Jod-Aufnahme über Lebensmittel und Jod-Supplemente der Jod-Supplementnehmer/innen der NVS II (3,5 %) dargestellt. Als Jod-Supplementnehmer/innen gelten Personen, die an mindestens einem der Befragungstage der 24h-Recalls Jod-haltige Supplemente eingenommen haben (Heuer et al. 2012). Alle Berechnungen erfolgten auf Basis des Szenarios „Konventionelle Erzeugung“.

Tabelle 12: Aggregierte Jod-Aufnahme der Jod-Supplementnehmer/innen und Jod-Aufnahme über Lebensmittel (LM) der Jod-Supplementnehmer und Nicht-Jod-Supplementnehmer/innen

	N	Konventionelle Erzeugung UB				
		Median (µg/d)	P95 (µg/d)	Jod-Aufnahme < EAR (%)	Jod-Aufnahme < RDA (%)	Jod-Aufnahme > UL (n)
Jod-Supplementnehmer/innen - Jod-Aufnahme über LM bei Verwendung von Jodsalz (mit 20 µg Jod/kg) im Haushalt und Supplemente -	493	210	361	0,8	13,0	6
Jod-Supplementnehmer/innen - Jod-Aufnahme über LM* und Supplemente -	493	190	340	2,4	22,5	5
Jod-Supplementnehmer/innen - nur Jod-Aufnahme über LM* -	493	116	206	29,8	77,3	0
Nicht-Jod-Supplementnehmer/innen - nur Jod-Aufnahme über LM* -	13433	106	199	38,6	82,1	2

* bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt

Jod-Supplementnehmer/innen, die zusätzlich Jodsalz im Haushalt verwenden, nehmen im Median täglich 210 µg Jod auf. In diesem Szenario unterschreiten nur vier Individuen (0,8 %) das EAR, während sechs Individuen das UL überschreiten.

Die Jod-Aufnahme über Lebensmittel und Jod-Supplemente der Jod-Supplementnehmer/innen ist im Median um 84 µg/d höher als bei den Nicht-Jod-Supplementnehmern/innen (190 vs. 106 µg/d). Nur ein sehr geringer Anteil der Jod-Supplementnehmer/innen (2,4 %) unterschreitet das EAR. Auch der Anteil der Jod-Supplementnehmern/innen, die unterhalb des RDA liegen ist deutlich geringer als bei den Nicht-Jod-Supplementnehmern/innen (23 vs. 82 %). Die aggregierte Jod-Aufnahme von fünf Jod-Supplementnehmer/innen liegt oberhalb des UL.

Ein Vergleich der alleinigen Jod-Aufnahme über Lebensmittel zeigt eine etwas höhere Jod-Aufnahme der Jod-Supplementnehmer/innen als der Nicht-Jod-Supplementnehmern/innen (Median: 116 vs. 106 µg/d).

In Anhang I erfolgt eine Darstellung der Anteile spezifischer Risikogruppen (Schwangere, Stillende und Frauen in gebärfähigem Alter) an den Jod-Supplementnehmern/innen der NVS II.

Vergleich der Jod-Aufnahme mit der Literatur

Die in der vorliegenden Arbeit auf Basis der Jod-Gehaltsdaten der BfR-MEAL-Studie geschätzte mediane Jod-Aufnahme ist vergleichbar mit der aus dem Jod-Gehalt des 24-h-Urin geschätzten Jod-Aufnahme der "Studie zur Gesundheit Erwachsener" (DEGS I) (Johner et al. 2016). Auch der Anteil der Individuen mit einer Jod-Aufnahme unterhalb des EAR ist vergleichbar. Eine noch größere Übereinstimmung zeigt das Szenario "Verwendung von Jodsalz im Haushalt", in welchem eine Verwendung von Jodsalz bei der Lebensmittel-Zubereitung und beim Nachsalzen in den Haushalten modelliert wurde (Tabelle 13). Für einen ausführlichen Vergleich mit der auf Basis der Jod-Gehaltsdaten des 24-h-Urin geschätzten Jod-Aufnahme von DEGS I erfolgte eine Darstellung der auf Basis der Jod-Gehaltsdaten der BfR-MEAL-Studie geschätzten Jod-Aufnahme, stratifiziert nach den Altersgruppen von DEGS I (siehe Anhang IIa und b).

Die in der vorliegenden Arbeit auf Basis der Jod-Gehaltsdaten der BfR-MEAL-Studie geschätzte mediane Jod-Aufnahme ist ebenfalls vergleichbar mit den Ergebnissen einer Modellierung auf Basis der Jod-Gehaltsdaten des BLS (MRI 2011). Die Verzehrdaten beider Berechnungsansätze entstammen der NVS II, wobei in dieser Arbeit die 24-h-Recalls und in der Arbeit des MRI die DISHES-Daten Verwendung fanden. Die mediane Jod-Aufnahme der vorliegenden Arbeit liegt dabei etwa im Bereich des BLS-Szenarios „ohne Jodsalz“, während die Jod-Aufnahme des Szenarios „Verwendung von Jodsalz im Haushalt“ der vorliegenden Arbeit zwischen den BLS-Szenarien „Ohne Jodsalz“ und 30 % Jodsalz liegt“ (Tabelle 13).

Tabelle 13: Jod-Aufnahme der Bevölkerung in Deutschland

	BfR-MEAL-Studie / NVS II 24-h-Recalls (diese Arbeit)	
	Männer (14 - 80 J.)	Frauen (14 - 80 J.)
N	6257	7669
Median ($\mu\text{g/d}$)	115	99
Median ($\mu\text{g/d}$) - Szenario "Verwendung von Jodsalz im Haushalt"	136	117
Jod-Aufnahme < EAR (%)	31	45
Jod-Aufnahme < EAR (%) - Szenario "Verwendung von Jodsalz im Haushalt"	14	26
	DEGS I Geschätzte Jodaufnahme (24-h-Urin) (Johner et al. 2016)	
	Männer (18 - 79 J.)	Frauen (18 - 79 J.)
N	3355	3623
Median ($\mu\text{g/d}$)	126	125
Jod-Aufnahme < EAR (%)	24 - 36	26 - 46
	BLS / NVS II DISHES (MRI 2011)	
	Männer (14 - 80 J.)	Frauen (14 - 80 J.)
N	7093	8287
Median ($\mu\text{g/d}$) - Szenario "ohne Jodsalz"	110	91
Median ($\mu\text{g/d}$) - Szenario "30 % Jodsalz"	164	129

Ein Vergleich der in der vorliegenden Arbeit auf Basis der Jod-Gehaltsdaten der BfR-MEAL-Studie geschätzten medianen Jod-Aufnahme mit den Ergebnissen anderer TDS zeigt eine große Spannweite, welche vermutlich auch in der auf nationaler Ebene unterschiedlich regulierten Jod-Anreicherung der Lebensmittel mitbedingt ist. Während z. B. die Jod-Aufnahme der irischen Bevölkerung mit 121 $\mu\text{g/d}$ (Median) (Mc Nulty et al. 2017) etwas höher ist als in Deutschland (Median: 107 $\mu\text{g/d}$), liegt die für die US-Bevölkerung geschätzte Jod-Aufnahme mit 216 $\mu\text{g/d}$ (Median) (Abt et al. 2018) deutlich darüber. Die Jod-Urin-Konzentrationen beider Populationen liegen dabei jeweils im Bereich der anhand der TDS-Daten geschätzten Jod-Aufnahme (Mc Nulty et al. 2017, Juan et al. 2016).

Unsicherheitsanalyse

Die Daten der NVS II sind die derzeit aktuellsten, repräsentativen Daten zum Verzehr der deutschen Bevölkerung. Sie wurden jedoch bereits in den Jahren 2005/2006 erhoben. Etwaige Veränderungen im Verzehr wurden in der vorliegenden Betrachtung nicht berücksichtigt.

Bei selten verzehrten Lebensmitteln kann der Erhebungszeitraum von zweimal einem Tag des wiederholten 24h-Recalls die intra-individuelle Variabilität der Lebensmittelaufnahme nur eingeschränkt abbilden und der Verzehr unterschätzt werden.

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

Dargestellt sind die Jod-Gehalts- und Aufnahme-Daten auf Basis des UB-Ansatzes. In fünf der 19 Lebensmittelgruppen lagen Unterschiede zwischen den Gehalts-Daten des mLb- und des UB-Ansatzes vor (siehe Tabelle 1). Diese Unterschiede haben nur eine sehr geringe Auswirkung auf die geschätzte Jod-Aufnahme der Bevölkerung (siehe Tabelle 6). Bei der Interpretation aller dargestellten Ergebnisse muss jedoch berücksichtigt werden, dass im UB-Ansatz

eine leichte Überschätzung der Jod-Gehalte sowie der Jod-Aufnahme speziell für die genannten Lebensmittelgruppen vorliegen kann.

Bei der Zubereitung der Lebensmittel in der MEAL-Studienküche wurde unjodiertes Salz verwendet. Dies führt zu einer Unterschätzung der Jod-Gehalte von Lebensmitteln, deren Pools mit Salz zubereitete Gerichte enthalten, und infolge dessen zu einer Unterschätzung der Jod-Aufnahme. Zudem wurde über die 24h-Recalls für Zusatzstoffe verwendetes Salz nicht zuverlässig erfasst und wurde deshalb nicht in der Expositionsschätzung berücksichtigt werden. Hieraus resultiert eine weitere Unterschätzung der Jod-Aufnahme. Eine Quantifizierung bzw. Berücksichtigung dieser Unsicherheit erfolgt jedoch anhand des Szenarios „Verwendung von Jodsalz im Haushalt“.

Das in der BfR-MEAL-Studie für die Zubereitung der Gerichte und Getränke verwendete Trinkwasser weist einen vergleichsweise hohen Jod-Gehalt auf. Die sehr feingliedrig zu betrachtende regional bedingte Variabilität von Trinkwassergehalten kann in einem TDS-Ansatz nur bedingt berücksichtigt werden. In Gebieten mit niedrigeren Trinkwassergehalten ist jedoch von einer niedrigeren Jodaufnahme über mit Trinkwasser zubereitete Lebensmittel auszugehen.

Die Szenarien „Biologische Erzeugung“ und „Konventionelle Erzeugung“ basieren auf den Jod-Gehaltsdaten der konventionell bzw. biologisch erzeugten MEAL-Pools. Für die 251 Lebensmittel, für die keine nach Erzeugungsart stratifizierten Pools vorlagen, wurden nicht erzeugungsspezifische Werte der entsprechenden Lebensmittel substituiert. Richtung und Größe des Effekts dieser Substituierung sind unbekannt.

Die Untergruppe der Vegetarier/innen der NVS II ist mit $n = 215$ nicht repräsentativ. Zudem gehören dieser Untergruppe auch Pesco-Vegetarier/innen an. Durch den Verzehr von Fisch ist deren Jod-Aufnahme wahrscheinlich höher als bei Vegetariern/innen, die keinen Fisch verzehren. Das führt mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Überschätzung der Jod-Aufnahme nicht Fisch verzehrender Vegetarier/innen.

Referenzen

- Krems C, Bauch A, Götz A et al. (2006). Methoden der Nationalen Verzehrsstudie II. Ernährungs-Umschau 53: 44-50
- MRI (Max-Rubner-Institut) (2008). Nationale Verzehrsstudie II. Ergebnisbericht Teil 1 und 2. <https://www.mri.bund.de/de/institute/ernaehrungsverhalten/forschungsprojekte/nvslII/>
- Sarvan I, Bürgelt M, Lindtner O et al. (2017). Expositionsschätzung von Stoffen in Lebensmitteln: Die BfR-MEAL-Studie – die erste Total-Diet-Studie in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 60,7: Kontaminanten in Lebensmitteln: 689–696
- Bittermann H, Großklaus R (1999). Jodversorgung von Wehrpflichtigen in Deutschland. Abschluß-bericht zur Teilstudie 3 des Forschungsvorhabens "Jod-Monitoring 1996" des BMG. BgVV-Schriften 1: 1-94
- Bissinger K, Busl L, Dudenhöfer C, et al. (2018). Repräsentative Markterhebung zur Verwendung von Jodsalz in handwerklich und industriell gefertigten Lebensmitteln - Abschlussbericht. Förderkennzeichen: 2815HS023, Laufzeit: Februar 2017 bis April 2018.
- Mattes RD, Donnelly D (1991). Relative contributions of dietary sodium sources. Journal of the American College of Nutrition 10(4): 383-93

- Zimmermann MB (2010). Symposium on „Geographical and geological influences on nutrition“: Iodine deficiency in industrialized countries. Proceedings of Nutritional Society 69: 133-143
- Großklaus R (2017). Rechtliche Situation hinsichtlich des Einsatzes von Jodsalz in der Lebensmittelverarbeitung in Deutschland und Europa: Berliner Joddialog – Jodversorgung in Deutschland und Europa: Neujustierung der Jodsalzprophylaxe – ist die Biofortifikation von Obst und Gemüse eine sinnvolle Ergänzung?
https://jodmangel.de/wp-content/uploads/2017/07/BJ_Einsatz-von-Jodsalz-in-der-Lebensmittelverarbeitung.pdf
- Johner SA, Thamm M, Schmitz R et al. (2015). Current daily salt intake in Germany: biomarker-based analysis of the representative DEGS study. European Journal of Nutrition 54: 1109–1115
- Heuer T, Walter C, Krems C et al. (2012). Nährstoffzufuhr über Supplemente - Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie II. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg). Ernährungsbericht 2012: 86–97
- Johner SA, Thamm M, Schmitz R et al (2016). Examination of iodine status in the German population: an example for methodological pitfalls of the current approach of iodine status assessment. European Journal of Nutrition 55(3):1275-1282
- Max Rubner-Institut (MRI) (2011). Jodzufuhr der Bevölkerung in Deutschland (Neuberechnung auf Grundlage des BLS 3.01) - Bericht.
- Abt E, Spungen J, Pouillot R et al. (2018). Update on dietary intake of perchlorate and iodine from U.S. food and drug administration’s total diet study: 2008–2012. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology 28: 21–30
- Mc Nulty B, Nugent A, Walton J et al. (2017). Iodine intakes and status in Irish adults: is there cause for concern? British Journal of Nutrition 117: 422–431
- Juan WY, Trumbo PR, Spungen JH et al. (2016). Comparison of two methods for estimating the prevalence of inadequate and excessive iodine intakes. American Journal of Clinical Nutrition 104: 888–897

		Gesamt	Jod-Supplement- nehmer/innen	Kein/e Jod-Supplement- nehmer/innen
Gesamt	N	13926	493	13433
Schwangere	n %	62 0,45	11 2,23	51 0,38
Stillende	n %	54 0,39	14 2,84	40 0,30
Frauen in gebärfähigem Alter	n %	2660 19,10	92 18,66	2568 19,12

Anhang I: Jod-Supplementnehmer/innen der NVS II: Schwangere, Stillende und Frauen in gebärfähigem Alter

Anhang IIa: Jod-Aufnahme und Anteil Individuen mit Jod-Aufnahme < EAR bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt (DEGS I-Altersgruppen)

	N	Konventionelle Erzeugung UB						Biologische Erzeugung UB					
		MW (µg/d)	P25 (µg/d)	Median (µg/d)	P75 (µg/d)	P95 (µg/d)	Jod-Aufnahme < EAR (%)	MW (µg/d)	P25 (µg/d)	Median (µg/d)	P75 (µg/d)	P95 (µg/d)	Jod-Aufnahme < EAR (%)
Weiblich, gesamt	7029	104	76	99	125	176	45	100	72	95	120	169	50
Männlich, gesamt	6897	124	88	115	149	218	31	118	84	110	142	207	36
Weiblich (Jahre)													
14-17	369	84	58	77	103	156	69	77	53	71	96	146	73
18-29	1066	97	73	92	118	166	54	91	67	88	110	156	58
30-39	1034	111	82	105	132	179	39	105	78	99	127	174	46
40-49	1289	107	78	101	127	178	42	102	74	96	123	172	49
50-59	987	106	78	102	125	177	43	101	74	97	120	172	47
60-69	995	108	78	102	129	176	42	104	77	98	124	169	47
70-79	730	105	75	99	125	186	46	101	73	96	121	177	49
80	21	114	86	98	116	328	48	112	84	99	117	323	48
Männlich (Jahre)													
14-17	375	116	82	107	138	217	37	106	74	97	130	203	47
18-29	1117	124	84	115	152	229	33	116	80	109	142	216	38
30-39	1044	127	93	119	153	218	27	120	88	114	144	207	31
40-49	1321	129	92	121	154	222	27	123	89	116	149	213	31
50-59	971	121	88	115	146	202	32	117	84	109	141	196	35
60-69	947	121	87	113	144	215	33	116	83	108	137	209	38
70-79	558	116	84	107	136	204	37	112	80	104	133	194	41
80	12	117	88	117	139	171	33	113	88	117	137	166	33

Anhang IIb: Jod-Aufnahme und Anteil Individuen mit Jod-Aufnahme < EAR bei Verwendung von Jodsalz (mit 20 µg Jod/kg) im Haushalt – Weiblich + 18 µg Jod/d bzw. Männlich + 21 µg Jod/d (DEGS I-Altersgruppen)

	N	Konventionelle Erzeugung UB						Biologische Erzeugung UB					
		MW (µg/d)	P25 (µg/d)	Median (µg/d)	P75 (µg/d)	P95 (µg/d)	Jod-Aufnahme < EAR (%)	MW (µg/d)	P25 (µg/d)	Median (µg/d)	P75 (µg/d)	P95 (µg/d)	Jod-Aufnahme < EAR (%)
Weiblich	7029	122	94	117	143	194	26	118	90	113	138	187	30
Männlich	6897	145	109	136	170	239	14	139	105	131	163	228	17
Weiblich													
14-17	369	102	76	95	121	174	50	95	71	89	114	164	58
18-29	1066	115	91	110	136	184	30	109	85	106	128	174	37
30-39	1034	129	100	123	150	197	20	123	96	117	145	192	23
40-49	1289	125	96	119	145	196	24	120	92	114	141	190	29
50-59	987	124	96	120	143	195	24	119	92	115	138	190	27
60-69	995	126	96	120	147	194	24	122	95	116	142	187	25
70-79	730	123	93	117	143	204	27	119	91	114	139	195	29
80	21	132	104	116	134	346	29	130	102	117	135	341	29
Männlich													
14-17	375	137	103	128	159	238	18	127	95	118	151	224	25
18-29	1117	145	105	136	173	250	17	137	101	130	163	237	21
30-39	1044	148	114	140	174	239	11	141	109	135	165	228	13
40-49	1321	150	113	142	175	243	11	144	110	137	170	234	12
50-59	971	142	109	136	167	223	13	138	105	130	162	217	15
60-69	947	142	108	134	165	236	14	137	104	129	158	230	17
70-79	558	137	105	128	157	225	15	133	101	125	154	215	18
80	12	138	109	138	160	192	0	134	109	138	158	187	17

Über das BfR

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