

<https://doi.org/10.17590/20221017-144528>

Rückläufige Jodzufuhr in der Bevölkerung: Modellszenarien zur Verbesserung der Jodaufnahme bei Kindern und Jugendlichen

Stellungnahme Nr. 026/2022 des BfR vom 17. Oktober 2022

Jod ist ein lebensnotwendiges Spurenelement. Der Körper braucht es, um Schilddrüsenhormone zu bilden. Diese regulieren zahlreiche Stoffwechselprozesse und sind unter anderem für Wachstum, Knochenbildung sowie die Organ- und Gehirnentwicklung von Kindern notwendig – auch schon vor der Geburt.

Jod muss mit der Nahrung aufgenommen werden. Da in Deutschland die Jodgehalte im Boden gering sind, enthalten heimische 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 Empfehlung, jodiertes Speisesalz in der Lebensmittelindustrie und im Lebensmittelhandwerk sowie in Privathaushalten zu verwenden, konnte die Jodversorgung der deutschen Bevölkerung seit Mitte der 1980er Jahre verbessert werden. Die Versorgung ist jedoch immer noch nicht optimal und weist eine rückläufige Tendenz auf. In den vergangenen Jahren wurde überdies weniger jodiertes Speisesalz bei der Produktion verarbeiteter Lebensmittel verwendet. In Deutschland können Hersteller selbst entscheiden, ob sie jodiertes Speisesalz in ihren Lebensmitteln nutzen. Gesetzlich geregelt ist die Jodmenge, die dem Salz zugegeben werden darf. Sie liegt derzeit bei 15 bis 25 Milligramm pro Kilogramm Salz (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 dieser Inhaltsstoffe in industriell und handwerklich hergestellten Lebensmitteln künftig schrittweise gesenkt werden. Dadurch soll die Häufigkeit von Krankheiten im Zusammenhang mit Übergewicht und Fettleibigkeit verringert werden. Die wünschenswerte Reduktion des Salzverzehrs kann aber gleichzeitig zu einer verringerten Jodzufuhr über jodiertes Speisesalz führen. Dem 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 Risiko 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 Ergebnisse für Erwachsene¹ zu dieser Fragestellung wurden bereits in der BfR-Stellungnahme Nr. 005/2021 vom 9. Februar 2021 veröffentlicht. Die vorliegende Stellungnahme führt nun die Ergebnisse für Kinder und Jugendliche auf. Die Modellszenarien zeigen: Auch bei einem Gehalt von 30 mg Jod pro kg Salz ist das Risiko einer zu hohen Jodaufnahme beim gegenwärtigen Verwendungsgrad von Jodsalz gering. Das Risiko einer unzureichenden Jodaufnahme würde durch die Erhöhung des erlaubten Jodgehaltes im Salz um 5 mg pro kg leicht reduziert werden, da die mediane Jodzufuhr insgesamt etwas steigt. Dies gilt auch bei einer erfolgreichen Reduktion des Salzverzehrs um 10 % im Rahmen der NRI. Aber insbesondere in

¹ Diese beinhalten auch Jugendliche ab 14 Jahren auf Basis der Nationalen Verzehrstudie II.

der Gruppe der Mädchen sinkt das Risiko für eine unzureichende Jodaufnahme nur geringfügig. Eine alleinige Erhöhung des Jodgehaltes im Salz um 5 mg/kg ist ohne Steigerung des Verwendungsgrades von Jodsalz in industriell und handwerklich hergestellten Lebensmitteln daher nicht sachgerecht.

Zudem prüfte das BfR, ob sich verschiedene Jodverbindungen gleichermaßen zur Anreicherung von Speisesalz eignen. In Deutschland werden bisher nur Natrium- oder Kaliumjodat verwendet, in anderen Ländern auch die entsprechenden Jodide. Aus Sicht des BfR sprechen keine ernährungsphysiologischen, technologischen oder toxikologischen Daten dagegen, Jodide zur Anreicherung von Speisesalz auch hierzulande zu nutzen.

1 Gegenstand der Bewertung

Vor dem Hintergrund eines rückläufigen Trends der renalen Jodausscheidung bei Kindern und Jugendlichen (Welle 2 der „Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland“ (KiGGS Welle 2)) sowie einer rückläufigen Verwendung von Jodsalz für die Herstellung von Lebensmitteln (Bericht der Justus-Liebig-Universität (JLU) Gießen) bat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) zu bewerten, ob eine Erhöhung der zulässigen Jodkonzentration in Salz von 25 auf 30 mg pro kg Salz aus ernährungsphysiologischer und toxikologischer Sicht sowohl sachgerecht als auch gesundheitlich unbedenklich wäre. In die Bewertung sollten mögliche Effekte der im Rahmen der Nationalen Reduktions- und Innovationsstrategie für Zucker, Fette und Salz in Fertigprodukten (NRI) initiierten Salzreduktion auf die Jodzufuhr einbezogen werden.

Des Weiteren bat das BMEL das BfR sowie das MRI um eine gemeinsame Stellungnahme zu der Frage, ob sich alle mit der Verordnung (EG) Nr. 1925/2006 zugelassenen Jodverbindungen für eine Jodierung von Speisesalz eignen oder ob es ggf. ernährungsphysiologische oder technologische Gründe gibt, zur Jodierung von Speisesalz nur Jodate bzw. Jodide zuzulassen. Diese Fragestellung ergab sich vor dem Hintergrund, dass nach bisherigem nationalen Recht nur Natriumjodat und Kaliumjodat für die Jodierung von Speisesalz zugelassen sind, nicht aber Natriumjodid und Kaliumjodid.

2 Ergebnis

Hinsichtlich des Nutzens und des Risikos einer Erhöhung des maximalen Jodgehaltes im Salz auf 30 mg pro kg unter gleichzeitiger Berücksichtigung einer Salzreduktion um 10 % hatte das BfR mit der Bewertung vom 09.02.2021 bereits Stellung zu Jugendlichen und Erwachsenen genommen (Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR vom 9. Februar 2021, künftig zitiert als Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR). Im Folgenden legt das BfR nun dar, wie sich die Veränderungen der oben genannten Parameter auf die Jodexposition der Kinder auswirken würde (Jugendliche wurden zum Teil nochmals betrachtet).

Das BfR kommt zu dem Schluss, dass bei Kindern ebenso wie bei Jugendlichen und Erwachsenen eine erfolgreiche Reduktion des Salzverzehrs um 10 % durch eine Erhöhung des erlaubten Jodgehaltes im Salz auf maximal 30 mg pro kg, d. h. im Durchschnitt auf 25 mg pro kg in den Jodsalzprodukten, 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 bei Erwachsenen in der Gruppe der gebärfähigen Frauen und bei Kindern in der Gruppe der Mädchen besonders hoch ist, würde jedoch nicht wesentlich reduziert werden. Eine alleinige Erhöhung des Jodgehaltes

im Salz um 5 mg pro kg ist ohne Erhöhung des Verwendungsgrades von Jodsalz zur Herstellung industriell und handwerklich hergestellter Lebensmittel daher nicht sachgerecht. Aus Sicht des BfR werden daher Maßnahmen zur Erhöhung der Verwendung von jodiertem Speisesalz zur Herstellung industriell und handwerklich hergestellter Lebensmittel empfohlen.

In Bezug auf das Risiko einer zu hohen Jodaufnahme kann eine Erhöhung des erlaubten Jodgehaltes im Salz auf 30 mg pro kg beim gegenwärtigen Verwendungsgrad von 29 % Jodsalz zur Herstellung kommerzieller Lebensmittel selbst ohne Reduktion des Salzverzehrs und Ausschöpfung des Höchstgehaltes von 30 mg Jod pro kg Salz sowohl bei Erwachsenen als auch Kindern als gesundheitlich unbedenklich betrachtet werden.

Anhand von Modellszenarien wurde geschätzt, dass Kinder bei einem durchschnittlichen Jodgehalt von 25 mg pro kg Salz und gleichzeitiger Salzreduktion um 10 % dann ausreichend mit Jod versorgt sind, wenn bei mindestens 37 % und mehr aller Lebensmittel Jodsalz verwendet werden würde. Andererseits weisen die Modellierungen unter den Bedingungen einer nicht erfolgreichen Salzreduktion und Ausschöpfung des Jodhöchstgehaltes von 30 mg pro kg darauf hin, dass ab einem Jodsalzverwendungsgrad von 50 % über alle Lebensmittel hinweg der altersspezifische *Tolerable Upper Intake Level* (UL) bei einigen Kindern überschritten werden könnte. Bei Erwachsenen wurde unter den entsprechenden Bedingungen ein Jodsalzverwendungsgrad von 42 % modelliert, ab dem es zu einer Überschreitung des ULs kommen könnte.

Insgesamt kommt das BfR daher zu dem Schluss, dass eine Erhöhung des maximalen Jodgehaltes in Salz von 25 auf 30 mg pro kg dann als sachgerecht und gesundheitlich unbedenklich – sowohl für Erwachsene als auch Kinder – angesehen werden kann, wenn der Verwendungsgrad von Jodsalz mindestens 37 % und mehr betragen würde, aber gleichzeitig 42 % nicht wesentlich übersteigen würde. Allerdings liegen diesen Modellszenarien eine Reihe von Annahmen und Vereinfachungen zugrunde, weshalb diese Ergebnisse als Rahmenbedingungen für die Jodsalzprophylaxe über alle Lebensmittel hinweg zu betrachten sind. 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. 47 % der Fleisch- und Wurstwaren, 10 % der Brotwaren und nur 2 % der Milch und Milchprodukte mit Jodsalz hergestellt. Insgesamt enthalten etwa 29 % der verarbeiteten Lebensmittel, denen Salz zugesetzt wird, Jodsalz.

Sowohl aus den Expositionsschätzungen des BfR zu Kindern und Erwachsenen auf Basis der BfR-MEAL-Studie, in deren Gehaltsdaten mit Jodsalz hergestellte Lebensmittel enthalten sind, als auch aus den Modellszenarien des Max Rubner-Institutes (MRI) zur Jodzufuhr der Jugendlichen und Erwachsenen auf Basis der Nationalen Verzehrstudie II, ergibt sich, dass neben den Fleisch- und Wurstwaren vor allem die Lebensmittelgruppe der Brot- und Backwaren zu den wichtigsten Trägerlebensmitteln der Jodsalzprophylaxe zählt. Es kann daher sinnvoll sein, insbesondere in dieser Lebensmittelgruppe zielgerichtet den Verwendungsgrad von Jodsalz zu erhöhen.

Hinsichtlich der Frage, ob sich alle mit der Verordnung (EG) Nr. 1925/2006 zugelassenen Jodverbindungen für eine Jodierung von Speisesalz eignen oder ob es ggf. ernährungsphysiologische oder technologische Gründe gibt, zur Jodierung von Speisesalz nur Jodate bzw. Jodide zuzulassen, kommen das MRI und das BfR zu dem Schluss, dass keine ernährungsphysiologischen, technologischen oder toxikologischen Daten vorliegen, die gegen eine Verwendung

von Jodiden in Form von Natrium- bzw. Kaliumjodid oder Jodaten in Form von Natrium- bzw. Kaliumjodat als Speisesalzzusatz sprechen.

3 Begründung

3.1 Gefährdungspotenzial einer Jodunter- und Jodübersversorgung

Auf das Gefährdungspotential einer Jodunter- und Jodübersversorgung bei Kindern wurde bereits in der Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR hingewiesen.

3.2 Exposition

3.2.1 Datengrundlagen

Repräsentative Daten zur Jodaufnahme von Kindern liegen in Deutschland aus der Ernährungsstudie als KiGGS-Modul (EsKiMo II) auf Basis des Bundeslebensmittelschlüssels (BLS) am Robert Koch-Institut (RKI) (Mensink et al., 2020), der KiESEL-Studie (Kinder-Ernährungsstudie zur Erfassung des Lebensmittelverzehrs) am BfR und der EsKiMo II-Studie, jeweils hier nun in Kombination mit Jodgehaltsdaten aus der BfR-MEAL-Studie (Mahlzeiten für die Expositionsschätzung und Analytik von Lebensmitteln) (Sarvan et al., 2017), sowie aus der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen (KiGGS) Welle 2 am Robert Koch-Institut (RKI) (Hey und Thamm, 2019) vor.

3.2.1.1 EsKiMo II kombiniert mit dem Bundeslebensmittelschlüssel – BLS (RKI)

Im Rahmen von EsKiMo II wurden in den Jahren 2015 bis 2017 2.644 Kinder und Jugendliche im Alter von 6 bis 17 Jahren zu ihrem Lebensmittelverzehr und ihrem Ernährungsverhalten untersucht (Mensink et al., 2020). Diese hatten zuvor an der zweiten Welle der „Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland“ (KiGGS Welle 2) des Robert Koch-Institutes teilgenommen. Dabei wurde der Lebensmittelverzehr der 6- bis 11-jährigen Kinder mit Hilfe der Eltern durch Wiegeprotokolle über vier Tage ermittelt. Bei den Jugendlichen im Alter von 12 bis 17 Jahren wurde eine modifizierte *Dietary History*-Methode eingesetzt, um die übliche Ernährung der vergangenen vier Wochen zu erfassen. Das persönliche Interview erfolgte anhand der Software DISHES (*Dietary Interview Software for Health Examination Studies*).

Zusätzlich wurden im Rahmen eines computergestützten Interviews vertiefende Informationen zum Ernährungsverhalten in Form eines Kurzfragebogens erfasst. Mit dem Kurzfragebogen wurden u. a. Informationen zu Schulverpflegung, Familienmahlzeiten, Einnahme von Supplementen und dem Verzehr bestimmter Lebensmittel erfasst. Zur Ermittlung der Nährstoffzufuhr wurden für beide Methoden die Nährstoffgehaltsdaten des Bundeslebensmittelschlüssels (BLS) 3.02 des Max Rubner-Institutes (MRI) zugrunde gelegt.

Die Expositionsschätzung auf Basis von EsKiMo II und BLS wird nachfolgend EsKiMo II-BLS genannt. In EsKiMo I wurde zusätzlich zum BLS eine vom RKI erstellte zusätzliche Datenbank mit weiteren Lebensmitteln, die nicht im BLS enthalten waren, genutzt. Dies war notwendig, da der derzeitige BLS nicht alle Lebensmittel, die sich zu dem Zeitpunkt auf dem Markt befanden und von den Teilnehmenden genannt wurden, enthielt. Außerdem lag im BLS keine Differenzierung nach Markenprodukten vor. Informationen über Markenprodukte sind jedoch unter anderem im Zusammenhang mit herstellereinspezifischen Anreicherungsmengen für Vitamine und

Mineralstoffe wichtig. Für EsKiMo II-BLS wurde daher die zusätzliche Lebensmittelnährwertdatenbank von EsKiMo I durch das RKI weitergeführt und um 626 neue Lebensmittel erweitert. Im Rahmen der Zusatzdatenbank wurde ebenso wie für den BLS die Verwendung von Jodsalz nicht berücksichtigt.

Bei der Ermittlung der Nährstoffaufnahme wurde auch die Zufuhr über Supplemente berücksichtigt. Dafür wurden bei den 6- bis 11-jährigen Kindern die Angaben zur Supplementeinnahme aus den Wiegeprotokollen und bei den 12- bis 17-Jährigen aus den Interviewdaten (DISHES) genutzt. Die Verwendung von jodhaltigen Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) lag bei den Kindern und Jugendlichen unter 1,5 % (Mensink et al., 2020).

Die im Rahmen der EsKiMo II-BLS ermittelten Jodaufnahmemengen des RKI 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 BLS 3.02 sowie der Zusatzdatenbank enthaltenen Jodgehalte der Lebensmittel eine mögliche Herstellung mit Jodsalz ebenfalls nicht berücksichtigen.

3.2.1.2 KiESEL

Das BfR hat eine deutschlandweite repräsentative Kinder-Ernährungsstudie zur Erfassung des Lebensmittelverzehrs – kurz „KiESEL-Studie“ – durchgeführt (Golsong et al., 2017).

In der KiESEL-Studie wurde der Lebensmittelverzehr von Kindern im Alter von sechs Monaten bis einschließlich fünf Jahren erfasst. Einige Kinder vollendeten während des Studienzeitraums das 6. Lebensjahr; diese wurden ebenfalls der Gruppe der 5-Jährigen zugeordnet. Die Befragungen zum Lebensmittelverzehr wurden vom KiESEL-Studienteam des BfR in den Jahren 2014 bis Ende 2017 durchgeführt. Die Teilnehmenden wurden nach einem Zufallsverfahren aus der Querschnittstichprobe der KiGGS Welle 2 ausgewählt.

Die Lebensmittelaufnahme von 1.008 Kindern wurde durch die Familien in einem Wiegeprotokoll für drei aufeinanderfolgende Tage und in einem 1-Tages-Wiegeprotokoll an einem unabhängigen Tag dokumentiert, wodurch Kurz- und Langzeitexpositionsschätzungen möglich sind. Zur Sicherstellung voneinander unabhängiger Verzehrstage wurde zwischen dem 3-Tage-Ernährungsprotokoll und dem 1-Tages-Ernährungsprotokoll mindestens ein zweiwöchiger Abstand eingehalten. Ergänzend wurde der Verzehr in den Betreuungseinrichtungen mit Hilfe eines reduzierten Schätzprotokolls erfasst (Golsong et al., 2017; Schweter et al., 2015). Alle Verzehrdaten wurden mit einem Gewichtungsfaktor verrechnet, der die Unterschiede der Probandengruppe zur Grundgesamtheit im Hinblick auf verschiedene Charakteristika ausgleicht. Die gewichteten Daten erlauben repräsentative Aussagen über die jeweilige Altersgruppe in Deutschland. In der vorliegenden Stellungnahme sind jeweils alle Werte (Jodaufnahmemengen, Anteile und Anzahl N), die aus der KiESEL-Studie resultieren, mit Einbezug der Gewichtung angegeben. Für die vorliegende Schätzung der Jodexposition der Kinder in Deutschland wurden die Verzehrdaten in die zwei Altersgruppen „0,5 bis 2 Jahre“, sowie „3 bis 5² Jahre“ aufgeteilt, um einen Vergleich zu den KiGGS-Daten ziehen zu können. Gestillte Kinder wurden generell von der Auswertung ausgeschlossen. Dadurch gingen in die Auswertung

² Kinder, die während des Studienzeitraums das 6. Lebensjahr vollendeten, wurden ebenfalls den 5-Jährigen zugeordnet.

Verzehrdaten von 941 Kindern (ungewichtet) ein, welche 952 Beobachtungen der Stichprobe entsprechen.

3.2.1.3 BfR-MEAL-Studie

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. Die MEAL-Lebensmittelliste deckt insgesamt 94 % des durchschnittlichen Verzehrs basierend auf der KiESEL-Studie, sowie 91 % des durchschnittlichen Verzehrs basierend auf der EsKiMo II-Studie ab und berücksichtigt darin selten verzehrte Lebensmittel mit bekanntermaßen hohen Gehalten an den untersuchten Stoffen, wie beispielsweise Algen, die einen überdurchschnittlich hohen Jodgehalt aufweisen. 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 (in Gruppen zusammengefasst) und homogenisiert.

Für die Untersuchung auf Jod wurden insgesamt 840 Pools aus jeweils 15 bis 20 Einzellebensmitteln gebildet. Die Pools repräsentieren die Kombinationen verschiedener Einkaufsregionen (National, Ost, Süd, West, Nord), Einkaufszeitpunkte (Nicht saisonal, Saison 1, Saison 2) und Erzeugungsarten (unspezifisch, biologisch, konventionell).

Für die vorliegende Auswertung der Joddaten wurden die regional erhobenen Pools individuell pro Proband zugeordnet und über die saisonale Einteilung gemittelt. Für eine bessere Übersichtlichkeit wurden in dieser Bewertung nur Werte der konventionell erzeugten Lebensmittel berücksichtigt. Unterschiede in der Jodaufnahme bei Verwendung von biologisch versus konventionell erzeugten Lebensmitteln sind im Anhang dieser Stellungnahme aufgeführt.

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.

Die Jodgehalte wurden mit dem *Upper Bound*-Ansatz (UB) verrechnet, das heißt Konzentrationswerte für einzelne Lebensmittelpools unter der Bestimmungsgrenze wurden durch die Werte der Bestimmungsgrenze ersetzt und Werte unterhalb der Nachweisgrenze wurden mit der Nachweisgrenze ersetzt. Zwischen den Ergebnissen im *Upper Bound*-Ansatz und dem „Modifizierten *Lower Bound*“-Ansatz (mLB: Werte unter der Bestimmungsgrenze werden mit der Nachweisgrenze ersetzt und für Werte unter der Nachweisgrenze wird 0 angenommen) besteht nur ein marginaler Unterschied (Tabellen 1 und 5 im Anhang).

3.2.1.4 BfR-MEAL-Studie kombiniert mit KiESEL und EsKiMo II

Für eine Schätzung der mittleren Jodexposition der Kinder in Deutschland wurden die im Rahmen der BfR-MEAL-Studie analysierten Jodkonzentrationen in verschiedenen Lebensmittelgruppen mit Verzehrdaten von 952 gewichteten 0,5 bis 5-jährigen Studienteilnehmern aus KiESEL (nachfolgend KiESEL-MEAL genannt) und 1190 gewichteten 6- bis 11-jährigen Studienteilnehmern aus EsKiMo II (nachfolgend EsKiMo II-MEAL genannt) verrechnet. Der Salzverzehr im Haushalt wurde über ein getrenntes Szenario und nicht über Salzverzehrdaten aus KiESEL

oder EsKiMo II berücksichtigt, da hier quantitative Aussagen mit großen Unsicherheiten verbunden sind. Die Aufnahme von Jod über NEM wurde bei der Berechnung der Jodzufuhr auf Basis der Verzehrdaten nicht berücksichtigt. Im Rahmen der KiESEL-Auswertung wurde bei 0,7 % der Kinder und bei EsKiMo II bei weniger als 1,5 % der Kinder (Mensink et al., 2020) an einem der 4 Protokolltage der 6- bis 11-Jährigen ein jodhaltiges NEM protokolliert.

Eine Schätzung der Jodzufuhr bei Jugendlichen ab einem Alter von 14 Jahren erfolgte bereits im Rahmen der Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR auf Basis der NVS II und der „Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland“ (KiGGS) Welle 2.

3.2.1.5 KiGGS Welle 2 (KiGGS 2)

Im Rahmen der KiGGS Welle 2 (nachfolgend nur KiGGS 2 genannt) hat das RKI von 2014 bis 2017 umfassende Gesundheitsdaten zu in Deutschland lebenden Kindern und Jugendlichen gesammelt (Hey und Thamm, 2019).

Als Berechnungsbasis für die Bewertung der Jodversorgung dienten die Konzentrationen von Natrium und Jod in den Spontanurinproben von 3.396 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern im Alter von 3 bis 17 Jahren. Die Konzentration beider Parameter wurde zunächst auf den Kreatiningehalt im Urin normiert und anschließend unter Nutzung altersstandardisierter Kreatinin-Ausscheidungsmengen pro Tag für jeden Studienteilnehmer in Ausscheidungsmengen von Natrium und Jod für den Tag der Urinabgabe umgerechnet. Da die natrium- und jodspezifischen Ausscheidungsbilanzen aus anderen Studien bekannt sind, konnte anhand der Ausscheidungsmengen die Salz- und Jodaufnahme der Studienteilnehmer geschätzt werden.

Die nach dieser Methode ermittelten Jodaufnahmemengen spiegeln die Jodgesamtaufnahme der Studienteilnehmer am Tag der Urinabgabe wider, die eine realistische Bewertung der mittleren Jodversorgung der Population³, jedoch keine Differenzierung nach den jeweiligen Jodquellen (Jodsalz, sonstige Lebensmittelgruppen, NEM, Arzneimittel) ermöglichen.

3.2.2 In den Studien ermittelte Jodaufnahmemengen von Kindern und Jugendlichen in Deutschland

Die auf Basis repräsentativer Studien mit Kindern und Jugendlichen aus Deutschland ermittelten Jodaufnahmemengen in den Perzentilen 5, 25, 50 (Median), 75 und 95 (sofern verfügbar) wurden vergleichend dargestellt (Tabelle 1 und Tabelle 2). Um die Expositionsschätzungen

³ Die Jodversorgung von einzelnen Individuen lässt sich dadurch nicht ermitteln, da die jeweilige tägliche Jodaufnahme starken Schwankungen unterliegen kann.

aus EsKiMo II-MEAL besser mit den Biomarker-basierten KiGGS 2-Ergebnissen vergleichen zu können, wurde neben den Altersgruppen „6 bis 8 Jahre“ und „9 bis 11 Jahre“ eine weitere zusätzliche Altersgruppe der 7- bis 10-Jährigen betrachtet.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind in der Tabelle 1 und Tabelle 2 nur die Expositionsschätzungen auf Basis der konventionell hergestellten Lebensmittel dargestellt. Ein Vergleich zwischen der Jodaufnahme auf Basis biologisch versus konventionell hergestellter Lebensmittel ist im Anhang in den Tabellen 1, 4, 5 und 8 aufgeführt. Dabei unterliegt das jeweilige Szenario der theoretischen Annahme, dass entweder nur konventionell oder nur biologisch erzeugte Lebensmittel, sofern die Erzeugungsart unterschieden werden konnte, verzehrt werden. Es zeigt sich, dass mit konventionell hergestellten Lebensmitteln im Median mit 73,9 µg Jod pro Tag bei den KiESEL- und 88,2 µg Jod pro Tag bei den EsKiMo II-Kindern geringfügig höhere Jodaufnahmen erzielt werden als mit biologisch erzeugten Produkten, mit denen die KiESEL-Kinder 68,0 µg Jod pro Tag und die EsKiMo II-Kinder 80,8 µg Jod pro Tag aufnehmen würden (UB-Ansatz, Tabellen 1 und 5 im Anhang).

Tabelle 1 Jodaufnahmemengen von Jungen in Deutschland auf Basis der verschiedenen Erhebungen (Lebensmittel: LM; Haushalt: HH)

Datenbasis	Quelle	Alter (Jahre)	N	Jodaufnahme der Jungen in µg pro Tag				
				P5	P25	P50	P75	P95
EsKiMo II-BLS ^a ; ohne Jodsalz in kommerziellen LM und ohne Jodsalz im HH	RKI	6–8	606	29,6	n. d.	63,4	n. d.	157,4
		9–11		39,7	n. d.	68,6	n. d.	150,3
	Mensink et al. (2020)	12–14	626	38,2	n. d.	81,1	n. d.	159,8
		15–17		43,8	n. d.	93,9	n. d.	194,7
EsKiMo II-MEAL ^b ; mit Jodsalz in kommerziellen LM, aber ohne Jodsalz im HH	BfR	6–8	305	55,0	75,5	93,4	111,7	141,5
	Aktuelle Bewertung	9–11	307	52,9	76,6	93,3	116,5	140,9
		7–10	407	55,7	77,5	95,6	115,7	145,7
KIESEL-MEAL ^b ; mit Jodsalz in kommerziellen LM, aber ohne Jodsalz im HH	BfR Aktuelle Bewertung	0,5–2	179	41,4	58,9	72,3	93,7	132,5
		3–5	302	39,5	61,9	76,5	92,9	122,6
KiGGS 2 Gesamtjod	RKI Hey und Thamm (2019)	3–6	428	n. d.	44,1	69,6	100,3	n. d.
		7–10	457	n. d.	53,3	75,9	116,2	n. d.
		11–13	392	n. d.	65,5	96,1	141,1	n. d.
		14–17	402	n. d.	76,1	112,0	149,3	n. d.
	Esche und Remer ^c (2019)	6–12	1586	n. d.	n. d.	78,9	107,2 ^d	180,0 ^d
		13–17	1251	n. d.	n. d.	96,6	126,7 ^d	220,9 ^d

^a Jodhaltige NEM wurden miterfasst (Verwendungsgrad < 1,5 %).

^b Konventionelle Lebensmittel, UB-Ansatz.

^c In Esche und Remer (2019) wurden die Jodzufuhren für Jungen und Mädchen gemeinsam ermittelt, weshalb für beide Geschlechter dieselben Werte verwendet werden.

n. d.: Keine Daten verfügbar.

^d Die ermittelten Jodaufnahmen in der P75 und P95 sind nicht in dem Abschlussbericht 2817HS007 von Esche und Remer (2019) enthalten. Diese Angaben wurden dem BfR auf Anfrage von den Verfassern des Projektberichtes zur Verfügung gestellt.

Tabelle 2 Jodaufnahmemengen von Mädchen in Deutschland auf Basis der verschiedenen Erhebungen (Lebensmittel: LM; Haushalt: HH)

Datenbasis	Quelle	Alter (Jahre)	N	Jodaufnahme der Mädchen in µg pro Tag				
				P5	P25	P50	P75	P95
EsKiMo II-BLS ^a ; ohne Jodsalz in kommerziellen LM und ohne Jodsalz im HH	RKI Mensink et al. (2020)	6–8	584	25,9	n. d.	58,0	n. d.	108,0
		9–11		34,3	n. d.	64,7	n. d.	124,0
		12–14	727	29,6	n. d.	64,0	n. d.	150,2
		15–17		32,0	n. d.	74,1	n. d.	133,4
EsKiMo II-MEAL ^b ; mit Jodsalz in kommerziellen LM, aber ohne Jodsalz im HH	BfR Aktuelle Bewertung	6–8	289	38,4	66,0	80,8	98,5	127,5
		9–11	290	54,1	73,0	88,0	107,5	135,2
		7–10	385	45,6	71,3	86,0	103,3	132,4
KiESEL-MEAL ^b , mit Jodsalz in kommerziellen LM, aber ohne Jodsalz im HH	BfR Aktuelle Bewertung	0,5–2	186	32,3	55,0	69,5	90,2	131,6
		3–5	286	42,5	61,8	73,9	88,5	116,8
KiGGS 2 Gesamtjod	RKI Hey und Thamm (2019)	3–6	369	n. d.	39,9	62,5	81,0	n. d.
		7–10	415	n. d.	49,9	75,5	110,0	n. d.
		11–13	382	n. d.	53,2	84,2	123,8	n. d.
		14–17	478	n. d.	66,6	94,4	140,3	n. d.
	Esche und Remer ^c (2019)	6–12	1586	n. d.	n. d.	78,9	107,2 ^d	180,0 ^d
		13–17	1251	n. d.	n. d.	96,6	126,7 ^d	220,9 ^d

^a Jodhaltige NEM wurden miterfasst (Verwendungsgrad < 1,5 %).

^b Konventionelle Lebensmittel, UB-Ansatz.

^c In Esche und Remer (2019) wurden die Jodzufuhren für Jungen und Mädchen gemeinsam ermittelt, weshalb für beide Geschlechter dieselben Werte verwendet werden.

n. d.: Keine Daten verfügbar.

^d Die ermittelten Jodaufnahmen in der P75 und P95 sind nicht in dem Abschlussbericht 2817HS007 von Esche und Remer (2019) enthalten. Diese Angaben wurden dem BfR auf Anfrage von den Verfassern des Projektberichtes zur Verfügung gestellt.

Wie erwartet, zeigt sich auf Basis der EsKiMo II-BLS Studie (Mensink et al., 2020), in der Jod aus Jodsalz gar nicht erfasst wurde, eine geringere mediane Aufnahmemenge als in den übrigen Erhebungen, in denen Jod aus Jodsalz zum Teil (KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL) oder insgesamt über die Biomarker-basierte Gesamtjodaufnahme (KiGGS 2) (Hey und Thamm, 2019) erfasst wurde. Die bei EsKiMo II-BLS berücksichtigten Zufuhren über jodhaltige NEM tragen aufgrund des geringen Verwendungsgrades (< 1,5 %) vermutlich nur wenig zur Jodaufnahme in den unteren Verzehrperzentilen bei (Mensink et al., 2020).

Die Expositionsschätzung auf Basis von EsKiMo II-MEAL liefert im Median mit (♀) 80,8 µg (6–8 Jahre) und 88,0 µg (9–11 Jahre) bzw. (♂) 93,4 µg (6–8 Jahre) und 93,3 µg (9–11 Jahre) Jod pro Tag ca. 30 % höhere mediane Aufnahmemengen an Jod, als die Schätzung auf Grundlage von EsKiMo II-BLS des RKI. Dieses Ergebnis liegt in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen bei den Jugendlichen und Erwachsenen, bei denen die MEAL-Daten-basierten Auswertungen ebenfalls eine etwa 30 % höhere Jodzufuhr ergaben als die BLS-basierten Berechnungen (Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR). Die höheren Schätzungen basierend auf MEAL-Daten lassen sich darauf zurückführen, dass in der MEAL-Studie nach Marktanteilen und Verzehrgehnheiten zusammengestellte Lebensmittel-pools 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 Fleisch- und Wurstwaren mit einem Jodbeitrag von 8 % (KiESEL-MEAL) bzw. 11 % (EsKiMo II-MEAL) eine relevante Jodquelle darstellen (Abbildung 1). In EsKiMo II-BLS des RKI werden dagegen die Fleisch- und Wurstwaren (ohne Jodsalz) nicht unter den wichtigsten Jodquellen genannt (Mensink et al., 2020).

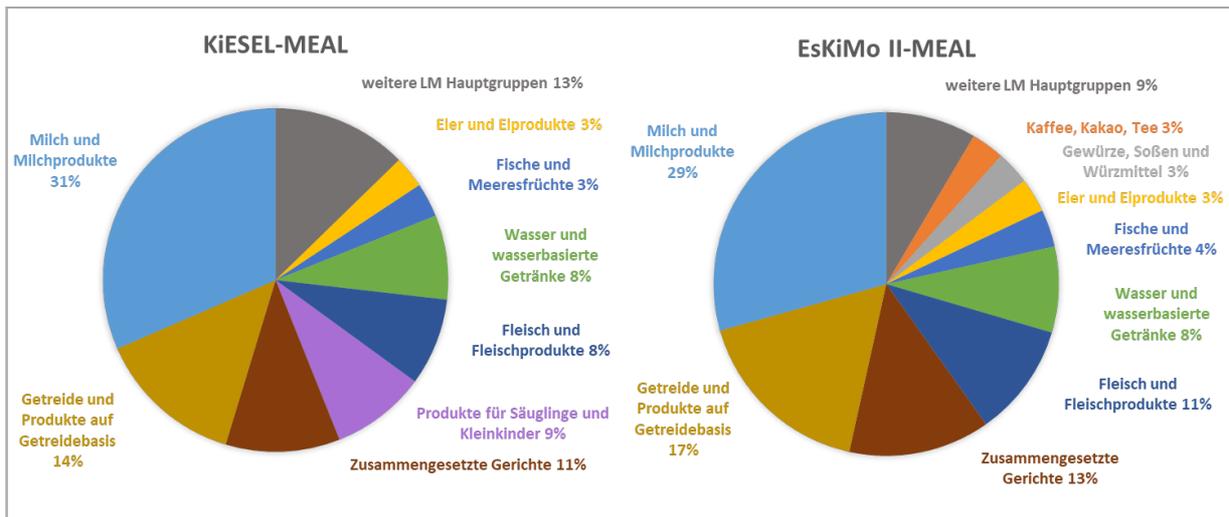


Abbildung 1 Anteil der Lebensmittelgruppen an der mittleren Jodaufnahme berechnet über KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL (konventionell, UB, ohne Jodsalz im HH)

Bei der Expositionsschätzung auf Basis der MEAL-Gehaltsdaten leisten „Getreide und Produkte auf Getreidebasis“ mit 14 % (KiESEL-MEAL) bzw. 17 % (EsKiMo II-MEAL), u. a. auch wegen der hohen Verzehr-mengen, den zweithöchsten Beitrag zur Jodversorgung (Abbildung 1). Zwar ist eine derartige Lebensmittelgruppe in EsKiMo II-BLS nicht aufgeführt, so dass ein Vergleich schwierig ist, jedoch trägt Brot in EsKiMo II-BLS nur zu 2 % bis 4 % zur Jodversorgung der Kinder bei und die im Bericht des RKI genannten Lebensmittelgruppen wie z. B. „Frühstückscerealien“, „Getreide und Reis“ und „Teigwaren“ (alle ohne Jodsalz) werden nicht

als relevante Jodquellen gelistet. Daher scheint der hohe Beitrag zur Jodversorgung durch konventionelle „Getreide und Produkte auf Getreidebasis“, der auf Basis der MEAL-Auswertung ermittelt wurde, zu einem großen Teil von Jodsalz zu stammen, das bei der Herstellung der Produkte verwendet wurde. In KiESEL- sowie EsKiMo II-MEAL ist für die Verzehrer dieser Lebensmittelgruppe im Vergleich zu den anderen Lebensmittelgruppen ein größerer Unterschied in der Jodaufnahme zwischen konventionell und biologisch erzeugten Produkten zu beobachten. Die Verzehrer von „Getreide und Produkten auf Getreidebasis“ nehmen bei einem Konsum von hauptsächlich biologisch erzeugten Produkten im Median ca. 40 % weniger Jod aus dieser Lebensgruppe auf als bei einer Verwendung von überwiegend konventionellen Produkten (Tabellen 4 und 8 im Anhang). Dieses Ergebnis wird durch die „Repräsentative Markterhebung zur Verwendung von Jodsalz in handwerklich und industriell gefertigten Lebensmitteln“ von Bissinger und Kollegen unterstützt, in der bei keiner der untersuchten biozertifizierten Brotwaren jodiertes Speisesalz in der Herstellung verwendet wurde (Bissinger et al., 2018).

In allen Auswertungen der verschiedenen Verzehrerhebungen liefern Milch und Milchprodukte den größten Anteil zur Jodversorgung der Kinder. Auf Basis von KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL sind es etwa 30 % (Abbildung 1) und auf Basis von EsKiMo II-BLS zwischen 17 % und etwa 30 % (Mensink et al., 2020). Da der Beitrag aus Milch und Milchprodukten in EsKiMo II-BLS ebenfalls hoch ist, scheint das aus Milchprodukten aufgenommene Jod zu einem großen Teil aus dem bereits in der unverarbeiteten Milch enthaltenen Jod (originäres Jod sowie Eintrag über Futtermittel durch die Verwendung von Jod als Futtermittelzusatzstoff) zu stammen. Der etwas höhere Beitrag auf Basis der MEAL-Auswertung lässt aber darauf schließen, dass auch die Verwendung von Jodsalz, z. B. bei der Käseherstellung, eine Rolle spielen dürfte.

Darüber hinaus werden in der KiESEL-MEAL-Auswertung „Produkte für Säuglinge und Kleinkinder“ mit einem relevanten Jodbeitrag von 9 % aufgeführt. Dies lässt sich dadurch erklären, dass – basierend auf verschiedenen EU-Regelungen – in Deutschland in der Verordnung über diätetische Lebensmittel (Diätverordnung) Mindest- und Höchstgrenzen für zugesetztes Jod in Säuglingsanfangs- und Folgenahrung festgelegt sind. Der Zusatz von Jodverbindungen in Beikosterzeugnissen ist dagegen dem Hersteller überlassen; hier gelten lediglich Höchstwerte, die nicht überschritten werden dürfen.

Die Biomarker-basierten medianen täglichen Jod-Gesamtaufnahmemengen aus KiGGS 2 (Hey und Thamm, 2019) lassen sich sowohl mit KiESEL-MEAL in der Altersgruppe „3 bis 5 Jahre“ als auch mit den EsKiMo II-basierten (EsKiMo II-MEAL und EsKiMo II-BLS) Daten vergleichen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Altersgruppeneinteilung zwischen den verschiedenen Erhebungen etwas variiert, so dass ein Vergleich gewisse Unsicherheiten birgt. Bei der in EsKiMo II-MEAL zusätzlich betrachteten Altersgruppe „7 bis 10 Jahre“ weicht die ermittelte Jodaufnahme jedoch nur geringfügig von den Jodaufnahmen in den Altersgruppen „6 bis 8 Jahre“ und „9 bis 11 Jahre“ in derselben Erhebung ab (ausgenommen die 6- bis 8-jährigen Mädchen, bei denen die Jodaufnahme etwas niedriger liegt), so dass es unter Berücksichtigung gewisser Unsicherheiten vertretbar erscheint, die 6- bis 8- und 9- bis 11-Jährigen mit der Altersgruppe der 7- bis 10-Jährigen zu vergleichen.

Im Gegensatz zu den Auswertungen bei den Erwachsenen auf Basis der NVS II und DEGS1 (Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR), liegen die medianen Gesamtjodaufnahmen aus KiGGS 2 zwar oberhalb der BLS-basierten EsKiMo II-Auswertung des RKI, aber unterhalb der kalkulierten Jodaufnahmemengen auf Basis der MEAL-Daten (KiESEL-MEAL und EsKiMo II-

MEAL), obwohl die Verwendung von Jodsalz im Haushalt bei der MEAL-Auswertung nicht berücksichtigt wurde. Die Betrachtung nur konventioneller Lebensmittel bei der MEAL-Auswertung, die eine leichte Überschätzung bedingen kann, erklärt dies nicht, da auch bei Betrachtung biologisch erzeugter Lebensmittel die berechneten medianen KiESEL- und EsKiMo II-MEAL-Werte noch leicht höher liegen als die Werte aus KiGGS 2 (Tabelle 1 und Tabelle 2, Tabellen 1 und 5 im Anhang). Auch der für die Jodgehaltsdaten angewendete „UB“-Ansatz spielt kaum eine Rolle, da die Unterschiede zum „Modifizierten *Lower-Bound*“-Ansatz (mLB) nur marginal sind (Tabelle 1 und 5 im Anhang). Das in der BfR-MEAL-Studie für die Zubereitung der verzehrfertigen Gerichte und Getränke verwendete Trinkwasser weist einen vergleichsweise hohen Jodgehalt auf, so dass in Gebieten mit niedrigeren Jodgehalten im Trinkwasser die Jodaufnahme der Bevölkerung entsprechend geringer sein kann.

Am ehesten sind die Unterschiede auf methodische Differenzen zwischen den verschiedenen Erhebungsinstrumenten zurückzuführen. Während in KiGGS 2 die Gesamtjodaufnahme Biomarker-basiert anhand der Jodurinausscheidung bestimmt wurde, wurden in EsKiMo II-MEAL und KiESEL-MEAL die Jodzufuhren auf Basis von Verzehrerhebungen geschätzt. Unsicherheiten können sich aus beiden Erhebungsinstrumenten ergeben. So unterliegt die Bestimmung von Jod über Spontanurin einer hohen intra- und interindividuellen Variabilität (trotz einer Normalisierung über altersstandardisierte 24 h-Kreatininausscheidungen zur Ausgleichung von Schwankungen im Hydratationsstatus), da die Jodaufnahme innerhalb eines Tages oder an verschiedenen Tagen stark variieren kann. Diese Methode ist daher nicht zur Bestimmung des individuellen Jodversorgungstatus geeignet, jedoch wird sie trotz dieser Unsicherheiten als guter Indikator angesehen, um die mittlere Jodversorgung auf Bevölkerungsebene abzuschätzen (König et al., 2011). Bei den Verzehrerhebungen ist fast allen gemeinsam, dass ein *Under-* oder *Overreporting* möglich sein kann. Aber auch innerhalb der verschiedenen Verzehrerhebungen (z. B. Wiegeprotokolle, DISHES, *24 h-Recall*) hat jede Methode ihre Vor- und Nachteile, die sich gegebenenfalls unterschiedlich auf das Ergebnis auswirken können. Bei der Verwendung von Wiegeprotokollen ist z. B. die Erfassung des „Außer-Haus-Verzehrs“ mit größeren Unsicherheiten verbunden, insbesondere bei jüngeren Kindern (Straßburg, 2010). Um diese zu verringern, wurde bei KiESEL ergänzend ein reduziertes Schätzprotokoll für den Verzehr in den Betreuungseinrichtungen verwendet.

In der 95. Perzentile werden dagegen in KiGGS 2 mit 180,0 µg pro Tag (6 bis 12 Jahre) bzw. 220,9 µg pro Tag (13 bis 17 Jahre) im Vergleich zu allen anderen Erhebungen die höchsten Jodzufuhren ermittelt. Auf Basis von EsKiMo II-MEAL mit Berücksichtigung von Jodsalz in kommerziellen Lebensmitteln erreichen die 6- bis 11-jährigen Kinder in der 95. Perzentile Jodzufuhren von 127,5 µg bis 145,7 µg pro Tag.

Da die KiGGS 2-Daten auf Basis von Biomarkern erfasst wurden, spiegeln sie die Jodgesamtaufnahme unter Berücksichtigung aller Jodquellen wider, auch wenn nicht direkt auf einzelne Jodquellen zurückgeschlossen werden kann. Daher können die höheren Jodzufuhren in KiGGS 2 in der 95. Perzentile im Vergleich zu den Erhebungen auf Basis der MEAL-Studie einen Hinweis darauf geben, dass neben den üblichen Lebensmitteln möglicherweise weitere Jodquellen, wie z. B. NEM, verwendet worden sind. In EsKiMo II-MEAL ist der Anteil an Jod, der ggf. über NEM und auch über Arzneimittel aufgenommen wird, nicht enthalten. Dagegen wurden in EsKiMo II-BLS jodhaltige NEM erfasst, wodurch die höheren Jodzufuhren bei den Jungen in der 95. Perzentile in EsKiMo II-BLS im Vergleich zu EsKiMo II-MEAL erklärt werden könnten (bei Mädchen wurde dieser Effekt allerdings nicht beobachtet). Der Verwendungsgrad

jodhaltiger NEM bei Kindern und Jugendlichen liegt gemäß dem EsKiMo II-BLS-Bericht unterhalb von 1,5 % (Mensink et al., 2020), weshalb in den mittleren und unteren Verzehrperzentilen die Jodzufuhr über NEM kaum eine Rolle zu spielen scheint.

Darüber hinaus kann ein höherer Verwendungsgrad von Jodsalz und/oder jodsalzhaltigen Lebensmitteln bei einem Teil der Studienteilnehmer auch zu höheren Jodaufnahmemengen führen als bei einem durchschnittlichen Verwendungsgrad, was sich in der Biomarker-basierten KiGGS 2-Auswertung widerspiegeln würde.

3.2.3 Der Anteil von Jodsalz an der Jodaufnahme in Deutschland

Keine der bundesweit repräsentativen Studien (EsKiMo II-BLS, EsKiMo II-MEAL, KiESEL-MEAL und KiGGS 2) erlaubt eine direkte Ermittlung des Beitrages von Jodsalz an der Jodversorgung in Deutschland. Die wichtigsten Stellschrauben der Jodprophylaxe über Jodsalz sind aber der Verwendungsgrad von Jodsalz, sowohl im Haushalt als auch bei der industriellen und handwerklichen Herstellung von Lebensmitteln, sowie die Jodkonzentration im Jodsalz. Daher wurden Modellrechnungen durchgeführt, um zunächst den Beitrag von Jodsalz an der Jodversorgung der Kinder abzuschätzen.

3.2.3.1 EsKiMo II-MEAL und KiESEL-MEAL

In den Lebensmittelpools der MEAL-Studie sind bereits handwerklich und industriell mit Jodsalz hergestellte Produkte entsprechend ihres Marktanteiles enthalten (BfR, 2021). Für die Zubereitung der Lebensmittel in der MEAL-Studienküche wurde jedoch kein jodiertes Speisesalz verwendet.

In den Ergebnissen auf Basis der MEAL-Studie fehlt daher vor allem der Jodanteil, der bei Verwendung von Jodsalz in privaten Haushalten aufgenommen wird. Gemäß den Ergebnissen der Verzehrstudien NVS II und NEMONIT (Nationales Ernährungsmonitoring) beträgt die Verwendung von jodiertem Speisesalz in Privathaushalten etwa 76 % (MRI, 2020) und gemäß KiESEL etwa 74 %. Dabei wird der Anteil der Salz-Zufuhr über Kochen im Haushalt und Zusalzen auf etwa 10 bis 11 % der Salz-Gesamtzufuhr geschätzt (Mattes and Donnelly, 1991; Zimmermann, 2010). Da die mediane Salz-Gesamtzufuhr der Kinder und Jugendlichen in Deutschland auf der Basis von Natriumkonzentrationen im Urin je nach Alter auf 5,0 bis 9,4 g pro Tag (Jungen) bzw. 3,9 bis 8,6 g pro Tag (Mädchen) geschätzt wird (Hey und Thamm, 2019), würden sich bei dauerhafter Verwendung von Jodsalz (mit 20 mg Jod pro kg) im Haushalt altersstratifiziert in etwa folgende zusätzliche medianen Jodaufnahmen pro Tag ergeben: Mädchen: 3 bis 6 Jahre: 8 µg, 7 bis 10 Jahre: 12 µg, 11 bis 13 Jahre: 14 µg; Jungen: 3 bis 6 Jahre: 11 µg, 7 bis 10 Jahre: 13 µg, 11 bis 13 Jahre: 17 µg.

Um mit den Ergebnissen der Jodaufnahme ohne Jodsalz im Haushalt auf Basis der KiESEL-MEAL- und der EsKiMo II-MEAL-Auswertungen die Gesamtaufnahme bei Verwendung von Jodsalz im Haushalt zu schätzen, wurde für jedes teilnehmende Kind individuell nach Alter und Geschlecht die mit Hilfe von KiGGS 2 geschätzte Jodaufnahme aus Jodsalz im Haushalt zur Jodaufnahme hinzuaddiert. Die individuellen geschätzten Jodaufnahmen wurden dann wieder in den für die Vergleiche notwendigen Altersgruppen zusammengefasst (Tabellen 2 und 6 im Anhang). Da für Kinder von 0 bis 2 Jahren keine Salz-Gesamtzufuhrwerte zur Verfügung standen, kann für diese Gruppe keine Aufnahme von Jod aus Jodsalz im Haushalt geschätzt werden.

Obgleich sich Unsicherheiten hinsichtlich des Vergleiches zweier verschiedener Gehaltsdatenbanken ergeben können, wurde die mediane salzbedingte Jodaufnahme aus mit Jodsalz hergestellten kommerziellen Lebensmitteln anhand der Differenz der Ergebnisse zwischen EsKiMo II-MEAL und EsKiMo II-BLS des RKI (Mensink et al., 2020) kalkuliert. Da in den BLS- und Zusatzdatenbank-basierten Ergebnissen von EsKiMo II-BLS keine mit Jodsalz hergestellten kommerziellen Lebensmittel berücksichtigt wurden, sollte die Differenz der Jodaufnahme zwischen beiden Ergebnissen die salzbedingte Jodaufnahme aus handwerklich und industriell hergestellten Lebensmitteln widerspiegeln.

Zwar wurden im Gegensatz zu EsKiMo II-MEAL in EsKiMo II-BLS jodhaltige NEM miterfasst, jedoch sollten diese aufgrund ihres geringen Verwendungsgrades (< 1,5 %) (Mensink et al., 2020) im Median kaum eine Rolle spielen. Die so berechnete mediane Jodaufnahme aus Jodsalz, welches in diesen Produkten verwendet wird, ist in Tabelle 3 dargestellt.

Zusätzlich wurde in Tabelle 3 ein Szenario berechnet, in dem die tägliche Verwendung von Jodsalz im Haushalt aufaddiert wurde, um die potentielle Gesamtmenge der täglichen Jodaufnahme aus jodiertem Salz zu schätzen.

Tabelle 3 Berechnete mediane Jodaufnahme aus Jodsalz aus mit Jodsalz hergestellten kommerziellen Lebensmitteln. Mit und ohne Verwendung von Jodsalz im Haushalt (HH). Auf Basis von EsKiMo II-MEAL und EsKiMo II-BLS

Alter in Jahren	Jodaufnahme aus Jodsalz ohne Jodsalz im HH		Jodaufnahme aus Jodsalz mit Jodsalz im HH	
	Jungen (P50)	Mädchen (P50)	Jungen (P50)	Mädchen (P50)
	µg pro Tag			
6–8	30,0	22,8	41,7	33,5
9–11	24,7	23,3	40,5	36,3
Gesamt	27,4	23,1	41,1	34,9
	25,3		38,0	

3.2.3.2 KiGGS Welle 2

Die in KiGGS 2 ermittelten Aufnahmemengen für Salz und Jod von Kindern (Querschnittsdatensatz von 6- bis 12-Jährigen; n = 1586) und Jugendlichen (Querschnittsdatensatz von 13- bis 17-Jährigen; n = 1251) 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 und Remer, 2019). Unter Verwendung der Regressionsgleichung wurden adjustierte Jodaufnahmemengen als Funktion der Salzaufnahme berechnet, wobei sich am Punkt Null der Salzaufnahme eine Jodaufnahme von 41,9 µg (6 bis 12 Jahre) bzw. 45,7 µg (13 bis 17 Jahre) pro Tag ergab, die dem salzunabhängigen Anteil an der Jodgesamtaufnahme aus Lebensmitteln entspricht. Am Median der Salzaufnahme von 5,8 g (6 bis 12 Jahre) und 7,8 g (13 bis 17 Jahre) pro Tag betrug der Median der Jodgesamtaufnahme je-

weils 78,9 µg und 96,6 µg pro Tag. Durch einfache Subtraktion der salzunabhängigen Jodaufnahme von der medianen Jodgesamtaufnahme wurde eine salzbedingte Jodaufnahme von 37,0 µg (6 bis 12 Jahre) und 50,9 µg (13 bis 17 Jahre) pro Tag ermittelt, was 47 % bzw. 53 % der medianen Jodgesamtaufnahme entspricht. Unter der Annahme, dass in Deutschland der Jodgehalt im Jodsalz durchschnittlich 20 µg Jod pro g Salz beträgt, entsprechen 37,0 µg Jod einer Salzmenge von 1,9 g und 50,9 µg Jod in etwa einer Salzmenge von 2,5 g. Bezogen auf die mediane Gesamt-Salzaufnahme entspricht das einem Jodsalzanteil von 32 % (6 bis 12 Jahre) bzw. 33 % (13 bis 17 Jahre).

Der in KiGGS 2 ermittelte mediane Verzehr von Jodsalz bzw. Jod aus Salz spiegelt sowohl die im Haushalt verwendete Jodsalzmenge als auch das Jodsalz aus kommerziellen Lebensmitteln der KiGGS 2-Gesamtpopulation wider. Allerdings wurde die anhand der KiGGS 2-Daten ermittelte salzbedingte Jodaufnahme lediglich für den Median publiziert (Esche und Remer, 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 im Median, kann auf deren Ermittlung in der Risikobewertung nicht verzichtet werden. Auf Anfrage wurden dem BfR daher die salzbedingten Jodaufnahmemengen, die für die Perzentile P75 und P95 pro Tag aus KiGGS 2 berechnet wurden, von Dr. Esche, Frau Hua und Prof. Dr. Remer zur Verfügung gestellt.

Tabelle 4 Gesamtsalz- und Gesamtjodzufuhr aus KiGGS 2 und daraus abgeleitete Anteile der Jodzufuhr aus Jodsalz (Esche und Remer, 2019)

	Alter	P50 (Median)	P75	P95
Gesamtsalzzufuhr (g pro Tag)	6–12 Jahre	5,8	8,5*	13,7*
	13–17 Jahre	7,8	11,9*	18,7*
Gesamtjodzufuhr (µg pro Tag)	6–12 Jahre	78,9	107,2*	180,0*
	13–17 Jahre	96,6	126,7*	220,9*
Jod aus Jodsalz (µg pro Tag)	6–12 Jahre	37,0	50,4**	84,6**
	13–17 Jahre	50,9	67,1**	117,1**
Jod aus Lebensmitteln (µg pro Tag)	6–12 Jahre	41,9	56,8**	95,4**
	13–17 Jahre	45,7	59,5**	103,8**

* Die in Esche et al. (2019) ermittelten Gesamtsalz- und Gesamtjodzufuhren in der P75 und P95 sind nicht in dem Abschlussbericht 2817HS007 (Esche und Remer, 2019) enthalten. Diese Angaben wurden dem BfR auf Anfrage von den Verfassern des Projektberichtes zur Verfügung gestellt.

** Seitens des BfR unter der Annahme berechnet, dass in allen Verzehrperzentilen der Jodanteil aus Jodsalz konstant ist (47 % für 6 bis 12-Jährige bzw. 53 % für 13 bis 17-Jährige).

Die jeweiligen Jodaufnahmen aus Jodsalz und Lebensmitteln wurden für die höheren Verzehrperzentile (P75 und P95) unter der Annahme berechnet, dass der Jodanteil aus Jodsalz in allen Verzehrperzentilen konstant ist. Dies bedingt gewisse Unsicherheiten, da der tatsächliche Jodanteil aus Jodsalz in der P75 und P95 nicht bekannt ist.

Die medianen salzbedingten Jodaufnahmemengen, die im Kontext von KiGGS 2 und der Differenz zwischen EsKiMo II-MEAL und EsKiMo II-BLS für die 6- bis 11- bzw. 12-Jährigen modelliert wurden, bestätigen sich trotz der Unterschiede in den jeweiligen Datengrundlagen und Erhebungsinstrumenten gegenseitig sehr gut. Auf Basis von KiGGS 2 wurde eine mediane salzbedingte Jodaufnahme von 37 µg pro Tag (6 bis 12 Jahre) und auf Grundlage der Differenz zwischen EsKiMo II-MEAL und EsKiMo II-BLS (bei Verwendung von Jodsalz im Haushalt) eine mediane Jodaufnahme aus Jodsalz von 38 µg pro Tag ermittelt. Damit deuten die Ergebnisse darüber hinaus darauf hin, dass trotz der bestehenden Unsicherheiten hinsichtlich des Vergleiches verschiedener Gehaltsdatenbanken und Erhebungsinstrumente der Anteil an Jod, der ggf. über jodhaltige NEM aufgenommen wird, im Median kaum eine Rolle spielen dürfte. Dieser hätte sich im Vergleich zu KiGGS 2 in einem geringeren Wert bei der Differenz zwischen EsKiMo II-MEAL und EsKiMo II-BLS widerspiegeln müssen, da bei den EsKiMo II-MEAL-Jodaufnahmewerten NEM nicht berücksichtigt wurden. Dieses Ergebnis korreliert gut mit dem geringen Verwendungsgrad jodhaltiger NEM von unter 1,5 % bei Kindern und Jugendlichen gemäß dem EsKiMo II-BLS-Bericht (Mensink et al., 2020).

Für die 13- bis 17-Jährigen wurde auf Basis von KiGGS 2 eine mediane salzbedingte Jodaufnahme von 50,9 µg pro Tag ermittelt. Ein Vergleich mit EsKiMo II-MEAL ist hier nicht möglich, da diese Altersgruppe aus den unter Punkt 3.2.1.4 erwähnten Gründen nicht auf Basis der MEAL-Studie ausgewertet wurde.

Damit liefert Jodsalz in Deutschland grob ein Drittel der von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) empfohlenen täglichen Jodaufnahmemenge für Kinder (4 bis 14 Jahre: 90 bis 120 µg pro Tag) und Jugendliche (15 bis 17 Jahre: 130 µg pro Tag) (EFSA, 2014). Auch dieses Ergebnis liegt in guter Übereinstimmung mit den entsprechenden Auswertungen bei den Jugendlichen und Erwachsenen (Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR).

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 Kindern 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 Bedarfes (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 Säuglingen, Kleinkindern, Kindern und Jugendlichen liegen mit 40 bis 200 µg pro Tag von der DGE (D-A-CH, 2015), mit 70 bis 130 µg pro Tag von der EFSA (EFSA, 2014) sowie mit 90 bis 150 µg pro Tag vom *Food and Nutrition Board* (FNB) des früheren US-amerikanischen *Institute of Medicine* (IOM, 2001) vor (Tabelle 5).

Im Unterschied zu den Referenzwerten der DGE und der EFSA wurde der Referenzwert (RDA) des FNB auf Basis eines physiologischen Durchschnittsbedarfs (EAR), der mit 65 bis 95 µg pro Tag anhand des Jodumsatzes der Schilddrüse in Humanstudien ermittelt wurde, abgeleitet (IOM, 2001).

Tabelle 5 Zufuhrreferenzwerte für Jod (Schätzwerte, Adäquate Aufnahmen, Empfehlungen) und geschätzter Durchschnittsbedarf für Kinder und Jugendliche gemäß verschiedener Gremien

Zufuhrempfehlung (D-A-CH, 2015)	Adäquate Aufnahme (AI) (EFSA, 2014)	Zufuhrempfehlung (RDA) (IOM, 2001)	Geschätzter Durchschnittsbedarf (EAR) (IOM, 2001)
[µg/Tag]	[µg/Tag]	[µg/Tag]	[µg/Tag]
0 bis < 4 Monate: 40 ^{a)}			
4 bis < 12 Monate: 80	7 bis 11 Monate: 70		
1 bis < 4 Jahre: 100	1 bis 3 Jahre: 90	1 bis 3 Jahre: 90	1 bis 3 Jahre: 65
4 bis < 7 Jahre: 120	4 bis 6 Jahre: 90	4 bis 8 Jahre: 90	4 bis 8 Jahre: 65
7 bis < 10 Jahre: 140	7 bis 10 Jahre: 90	9 bis 13 Jahre: 120	9 bis 13 Jahre: 73
10 bis < 13 Jahre: 180	11 bis 14 Jahre: 120	14 bis 18 Jahre: 150	14 bis 18 Jahre: 95
13 bis < 15 Jahre: 200	15 bis 17 Jahre: 130		
15 bis < 19 Jahre: 200	≥ 18 Jahre: 150		

^{a)} Hierbei handelt es sich um einen Schätzwert

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 bis 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. bis 98. Bedarfssperzentile), weshalb die meisten Mitglieder einer Population (97 bis 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 eingeschränkt 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.

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.

Auf Basis von KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL wurden die prozentualen Anteile von Kindern, die eine Jodaufnahme unterhalb des EAR aufweisen, berechnet (Tabelle 6). Hierfür wurde innerhalb jeder Altersgruppe jedem Kind individuell der altersentsprechende EAR zugeordnet. Ebenso wurde zur Berechnung der geschätzten Jodaufnahme mit Verwendung von Jodsatz im Haushalt bei jedem Kind individuell nach Geschlecht und Alter der jeweilige Schätzwert hinzuaddiert (siehe Punkt 3.2.3.1). Darüber hinaus wurde zur besseren Vergleichbarkeit mit den Biomarker-basierten KiGGS 2-Ergebnissen (Hey und Thamm, 2019) neben den Altersgruppen „6 bis 8 Jahre“ und „9 bis 11 Jahre“ eine weitere zusätzliche Altersgruppe der 7- bis 10-Jährigen betrachtet.

Tabelle 6 Anteil der Jungen und Mädchen mit einer Jodaufnahme unterhalb des EAR

Alter in Jahren	N				Anteil in % < EAR					
	BfR-MEAL		KiGGS 2		BfR-MEAL		KiGGS 2	BfR-MEAL		KiGGS 2
					ohne Jodsalz im HH	mit Jodsalz im HH	Jod gesamt	ohne Jodsalz im HH	mit Jodsalz im HH	Jod gesamt
	♀	♂	♀	♂	Mädchen			Jungen		
1–2	154 ^a	153 ^a	n. d.	n. d.	44,6	n. d.	n. d.	36,8	n. d.	n. d.
3–5	286 ^a	302 ^a	*	*	33,8	20,8	*	29,6	17,5	*
3–6	*	*	369	428	*	*	53,7	*	*	46,5
6–8	289 ^b	305 ^b	*	*	24,8	13,8	*	14,3	4,8	*
9–11	290 ^b	307 ^b	*	*	25,4	11,6	*	21,3	10,3	*
7–10	385 ^b	407 ^b	415	457	22,6	10,8	44,8	14,8	6,8	40,9
11–13	* n. d.	* n. d.	382	392	* n. d.	* n. d.	43,8	* n. d.	* n. d.	30,5
14–17	* n. d.	* n. d.	478	402	* n. d.	* n. d.	50,3	* n. d.	* n. d.	37,7

^a KiESEL.

^b EsKiMo II.

n. d.: Keine Daten vorhanden.

* Keine entsprechende Altersgruppe vorhanden.

In der Expositionsschätzung auf Basis von KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL (UB, konventionelle LM ohne Jodsalz im Haushalt) wurden bei den Mädchen altersstratifizierte Prävalenzen für das Risiko einer unzureichenden Versorgung zwischen 22,6 bis 44,6 % und bei den Jungen zwischen 14,3 bis 36,8 % ermittelt (Tabelle 6). Die Verwendung biologisch erzeugter Lebensmittel (ohne Jodsalz im Haushalt) erhöht bei beiden Geschlechtern die Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Jodaufnahme um etwa 6 bis 8 % (Tabellen 3 und 7 im Anhang), während die Verwendung von Jodsalz mit 20 mg Jod pro kg Salz im Haushalt die Prävalenz um ca. 8 bis 13 % erniedrigen kann (konventionell, UB) (Tabelle 6, Tabellen 3 und 7 im Anhang).

In KiGGS 2 wurden 30,5 % bis 53,7 % der teilnehmenden Jungen und Mädchen (3 bis 17 Jahre) ermittelt, die eine Jodaufnahme unterhalb des Durchschnittsbedarfes aufwiesen (Hey und Thamm, 2019) (Tabelle 6). Während dies im Mittel bei Jungen und Mädchen zusammen 43,6 % betrifft, waren es in der Basiserhebung (2003 bis 2006) im Mittel noch 37 %, die den mittleren geschätzten Bedarf nicht erreichten (Hey und Thamm, 2019). Ein Vergleich in der Altersgruppe „7 bis 10 Jahre“ zeigt, dass die ermittelten Prävalenzen auf Basis von EsKiMo II-MEAL (ohne Jodsalz im Haushalt) um etwa 22 bis 26 % geringer sind als bei den Biomarkerbasierten KiGGS 2-Auswertungen. Auch ein Vergleich zwischen KiESEL-MEAL anhand der

Altersgruppe „3 bis 5 Jahre“ mit den Biomarker-basierten KiGGS 2-Ergebnissen bei den 3- bis 6-jährigen Kindern zeigt etwa 17 bis 20 % geringere Prävalenzen auf Basis der Verzehrerhebungen. Die divergierenden Prävalenzwerte für das Risiko einer unzureichenden Jodversorgung zwischen den Studien lassen sich durch die voneinander abweichenden ermittelten medianen Jodaufnahmemengen erklären (Tabelle 1 und Tabelle 2), die wiederum hauptsächlich mit methodischen Unterschieden in den Erhebungsinstrumenten begründet werden können, welche bereits unter Punkt 3.2.2 erläutert wurden.

Die höchsten Prävalenzen für das Risiko einer unzureichenden Jodversorgung sind sowohl auf Basis von KiGGS 2 als auch auf Basis von KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL bei den Mädchen zu finden. Bei den jüngeren Kindern im Alter von 1 bis 6 Jahren (in KiGGS 2 werden erst Kinder ab 3 Jahren betrachtet) ist aber der Anteil der Kinder mit einer Jodaufnahme unterhalb des EAR sowohl bei Mädchen als auch bei Jungen hoch. Darüber hinaus weisen insbesondere die 14- bis 17-jährigen Mädchen aus KiGGS 2 eine hohe Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Jodaufnahme auf. Bei der Jodexpositionsschätzung der Erwachsenen wurden Frauen im gebärfähigen Alter als Risikogruppe für eine unzureichende Jodversorgung identifiziert (Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR).

Damit sind Mädchen, Frauen im gebärfähigen Alter sowie Kinder im Alter von 1 bis 6 Jahren die wichtigsten Subpopulationen, in denen Effekte, die durch Veränderungen von Parametern der Jodsalzprophylaxe auf die Prävalenz des Risikos einer unzureichenden Jodzufuhr erwartet werden, gemessen werden sollten.

Darüber hinaus können auch bestimmte Ernährungsweisen, wie z. B. eine vegetarische oder eine vegane Ernährung mit einem erhöhten Risiko für eine unzureichende Jodaufnahme verbunden sein. Auf Grund der unzureichenden Datenbasis zum Lebensmittelverzehr durch Veganer und Vegetarier eignen sich diese Risikogruppen aber 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*, ULs) wurden für Kinder und Jugendliche mit 200 bis 500 µg pro Tag von der EFSA (früher *Scientific Committee on Food*) (SCF, 2002) sowie mit 200 bis 900 µg pro Tag vom FNB des früheren US-amerikanischen IOM (IOM, 2001) abgeleitet (Tabelle 7). Gemäß dem IOM konnte ein UL für Säuglinge nicht abgeleitet werden, da nur unzureichende Daten über adverse Wirkungen in dieser Altersgruppe vorlagen.

Tabelle 7 Tolerierbare tägliche Jodaufnahmemengen für Kinder und Jugendliche

Alter [Jahre]	UL (SCF, 2002) [µg/Tag]	Alter [Jahre]	UL (IOM, 2001) [µg/Tag]
1–3	200	1–3	200
4–6	250	4–8	300
7–10	300		
11–14	450	9–13	600
15–17	500	14–18	900

In der Verzehrstudie EsKiMo II-BLS wird ohne Berücksichtigung von Jodsalz in der 95. Verzehrperzentile eine Jodaufnahme von 150,3 bis 194,7 µg pro Tag bei Jungen (6 bis 17 Jahre) und von 108,0 bis 150,2 µg pro Tag bei Mädchen (6 bis 17 Jahre) ermittelt (Tabelle 1 und Tabelle 2). Da unter den gegenwärtigen Bedingungen (Jodsalzkonzentration 15 bis 25 mg pro kg; Verwendungsgrad von Jodsalz im Haushalt zu etwa 74 bis 76 % und zu etwa 29 % bei der Herstellung kommerzieller Lebensmittel) Kinder im Alter von 6 bis 12 Jahren in der 95. Perzentile etwa 85 µg und Kinder im Alter von 13 bis 17 Jahren etwa 117 µg Jod pro Tag aus Jodsalz aufnehmen (Biomarker-basiert ermittelt) (Tabelle 4), wird der jeweilige altersentsprechende UL (250 bis 500 µg Jod pro Tag) auf Basis von EsKiMo II-BLS zuzüglich des Jodanteils aus Jodsalz über die normale Ernährung und bei dem derzeitigen Verwendungsgrad von jodhaltigen NEM (< 1,5 %) in der 95. Perzentile nicht überschritten.

Auch bei den Biomarker-basierten ermittelten Gesamtjodaufnahmen aus KiGGS 2 kommt es im 95. Perzentil mit 180 µg Jod pro Tag (6- bis 12-Jährige) bzw. 220,9 µg Jod pro Tag (13- bis 17-Jährige) nicht zu einer Überschreitung des jeweiligen altersspezifischen ULs.

Auf Basis von KIESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL wurde das 95. Perzentil der Jodaufnahme (UB, konventionelle Lebensmittel) und die Anzahl sowie der Anteil der Studienteilnehmer berechnet, die den jeweiligen UL überschreiten (Tabelle 8). Hierfür wurde innerhalb der Altersgruppen jedem Kind individuell der altersentsprechende UL zugeordnet. Ebenso wurde zur Berechnung der geschätzten Jodaufnahme mit Verwendung von Jodsalz im Haushalt jedem Kind individuell nach Geschlecht und Alter der jeweilige Schätzwert für die Jodaufnahme durch Jodsalz im Haushalt hinzuaddiert (siehe Punkt 3.2.3.1).

**Tabelle 8 Jodaufnahme über Lebensmittel (LM) ohne und mit Verwendung von Jodsalz im Haushalt (HH)
Basierend auf KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL**

Jodaufnahme über Lebensmittel	N	Median (µg/Tag)	P95 (µg/Tag)	UL (SCF, 2002) (µg/Tag)	Jodaufnahme > UL (N)	Jodaufnahme > UL (%)
KiESEL-MEAL						
0,5–1 Jahr <u>ohne</u> Jodsalz HH	57	86,6	192,9	n. d.	n. d.	n. d.
1–2 Jahre <u>ohne</u> Jodsalz HH	308	69,5	118,7	200	2,4	0,8
3–5 Jahre <u>ohne</u> Jodsalz HH	588	75,0	121,3	200/250*	0,0	0,0
3–5 Jahre <u>mit</u> Jodsalz HH	588	85,0	132,3	200/250*	0,0	0,0
EsKiMo II-MEAL						
6–8 Jahre <u>ohne</u> Jodsalz HH	594	86,4	134,1	250/300*	0,42	0,07
6–8 Jahre <u>mit</u> Jodsalz HH	594	98,4	146,8	250/300*	0,42	0,07
9–11 Jahre <u>ohne</u> Jodsalz HH	596	91,9	138,1	300/450*	0,0	0,0
9–11 Jahre <u>mit</u> Jodsalz HH	596	104,9	154,5	300/450*	0,0	0,0

n. d.: Ein UL wurde für diese Altersgruppe nicht abgeleitet.

* Innerhalb der Altersgruppen wurde jedem Kind individuell der altersentsprechende UL zugeordnet.

In der 95. Perzentile der ermittelten Jodaufnahmen aus KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL wird der jeweilige altersspezifische UL (auch mit Verwendung von Jodsalz im Haushalt, sofern Daten dazu verfügbar) ebenfalls nicht überschritten (Tabelle 8). Dementsprechend wurden auch nur vereinzelte Teilnehmer identifiziert, bei denen es zu einer Überschreitung des ULs kam. Bei den 1- bis 2-Jährigen waren es lediglich 2,4 von 308 Studienteilnehmern (0,8 %) (ohne Jodsalz im Haushalt, Daten zur Verwendung von Jodsalz sind nicht verfügbar) und bei den 6- bis 8-Jährigen waren es 0,42 von 594 Teilnehmern (0,07 %) (mit und ohne Verwendung von Jodsalz im Haushalt), die den UL durch den Verzehr von Lebensmitteln überschritten (Tabelle 8); die zusätzliche Verwendung von NEM wurde nicht berücksichtigt.

Insgesamt kann daher bei Kindern und Jugendlichen ebenso wie bei den Erwachsenen (Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR) das Risiko, den UL zu überschreiten, unter den gegenwärtigen Bedingungen der Jodsalzprophylaxe als äußerst gering betrachtet werden.

3.4 Ist eine Erhöhung des maximal erlaubten Jodgehaltes im Salz von 25 mg auf 30 mg pro kg Salz unter Berücksichtigung einer Reduktion des Salzverzehrs um 10 % sachgerecht und gesundheitlich unbedenklich?

3.4.1 Zielwerte der salzabhängigen Jodaufnahme für die Bewertung „sachgerecht“ und „gesundheitlich unbedenklich“

Die Zufuhr eines Nährstoffes kann als sachgerecht und gesundheitlich unbedenklich 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 oder zu hohen Aufnahme abhängt.

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 bis 3 % beträgt und wenn das Risiko, den UL zu überschreiten, akzeptabel gering ist (IOM, 2006). Aus Sicht des BfR ist das Risiko bezüglich einer zu hohen Jodaufnahme akzeptabel gering, wenn die Jodaufnahme in der 95. Verzehrperzentile den UL für die jeweilige Altersgruppe nicht überschreitet.

Nach den Biomarker-basierten Daten von KiGGS 2 liegt in Deutschland die Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Jodaufnahme bei den 3- bis 17-jährigen Kindern zwischen 30,5 und 53,7 % (Tabelle 6) (Hey und Thamm, 2019), während eine zu hohe Jodaufnahme (Überschreitung des UL) allein aus Lebensmitteln nach den auf KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL basierenden Daten mit 0,07 bis 0,8 % der Studienteilnehmer als vernachlässigbar gering bezeichnet werden kann (Tabelle 8). In der 95. Perzentile der ermittelten Jodaufnahmen aus KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL wird der jeweilige altersspezifische UL (auch unter Berücksichtigung der Verwendung von Jodsalz im Haushalt, sofern Daten dazu verfügbar) nicht überschritten. Die Verwendung von NEM wurde bei der Berechnung der Jodaufnahme in KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL zwar nicht berücksichtigt, jedoch wird auch auf Basis der Biomarker-basierten KiGGS 2-Auswertung im 95. Perzentil der Gesamtjodaufnahme, d. h. unter Berücksichtigung aller Jodquellen, der jeweilige altersspezifische UL nicht überschritten. Damit kann das derzeitige Risiko einer zu hohen Jodaufnahme bei den Kindern und Jugendlichen in Deutschland auch unter Berücksichtigung der gegenwärtig praktizierten Verwendung jodhaltiger NEM insgesamt immer noch als gering betrachtet werden.

Unter den gegenwärtigen Bedingungen der Jodsalzprophylaxe stammen bei den 6- bis 12-jährigen Kindern 47 % (37 µg Jod pro Tag) und bei den 13- bis 17-jährigen Jugendlichen 53 % (50,9 µg Jod pro Tag) des nutritiv aufgenommenen Jods im Median aus Jodsalz (Tabelle 4) (Esche und Remer, 2019). Es stellt sich die Frage, wie hoch die salzbedingte Jodaufnahme sein müsste, um die Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Versorgung auf 2 bis 3 % zu reduzieren. Die Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Jodzufuhr in einer Population ist umso geringer, je höher die mediane Jodzufuhr ist. Daher wurden den auf Basis von KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL ermittelten Risikoprävalenzen die entsprechenden ermittelten medianen Jodaufnahmen gegenübergestellt (UB, konventionell, ohne Jodsalz im Haushalt) und anhand der inversen Korrelation die mediane Jodaufnahme aus Lebensmitteln, die mit einer Prävalenz des Risikos für eine unzureichende Versorgung von 2,5 % korreliert, extrapoliert. Da für diese Berechnung nur Werte für Risikoprävalenzen berücksichtigt werden können, die auf demselben EAR basieren, wurden nur die 1- bis 8-jährigen Kinder betrachtet, für

die ein einheitlicher EAR von 65 µg pro Tag festgelegt wurde (IOM, 2001). Anhand der inversen Korrelation konnte eine mediane Jodaufnahme aus Lebensmitteln von 96,9 µg pro Tag extrapoliert werden, die mit einer Prävalenz des Risikos für eine unzureichende Versorgung von 2,5 % korreliert (mediane Jodaufnahme (y) = 98,6 + (- 0,69) * Risikoprävalenz (x)). Die hier angewendete vereinfachte Modellierung als lineare Regression basiert allerdings auf einigen vereinfachenden Annahmen. Zum einen wurde vorausgesetzt, dass in jeder Altersstufe die Verteilung der Jodaufnahme ähnlich ist und zum anderen, dass die Varianz bei steigenden Jodaufnahmen unverändert bleibt, was in der Realität nicht unbedingt der Fall sein muss. Daher kann der extrapolierte angenommene Zusammenhang zwischen der Risikoprävalenz und der medianen Jodaufnahme nur eine ungefähre Annäherung darstellen. Des Weiteren ist die Verteilung der Residuen der Regression aufgrund der geringen Zahl von Datenpunkten (n = 8) nicht eindeutig zu klären und nicht notwendigerweise normalverteilt.

Trotz der aufgeführten Unsicherheiten liegt der ermittelte Wert von 96,9 µg Jod pro Tag in der Größenordnung des Zufuhrreferenzwertes der EFSA, die einen *Adequate Intake* (AI) von 90 µg pro Tag für 1- bis 8-jährige Kinder angibt (EFSA, 2014). Dieses Ergebnis liegt damit in guter Übereinstimmung mit den Werten, die für Jugendliche und Erwachsene in entsprechender Weise extrapoliert wurden (Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR) und die mit etwa 140 bis 150 µg Jod pro Tag ebenfalls im Bereich des AI der EFSA liegen (15 bis 17 Jahre: 130 µg pro Tag; Erwachsene: 150 µg pro Tag) (EFSA, 2014).

Kinder über 8 Jahre konnten bei dieser Regressionsanalyse nicht mit einbezogen werden, da bei ihnen andere EARs zugrunde gelegt werden als bei den 1- bis 8-Jährigen. Für eine separate Analyse hätten nicht genügend Datenpunkte zur Verfügung gestanden. Auch mit den zur Verfügung stehenden KiGGS 2-Daten ließ sich eine derartige Schätzung aufgrund der Altersgruppeneinteilung und den damit einhergehenden unterschiedlichen EARs nicht durchführen. In Analogie zu den Ergebnissen bei den jüngeren Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen wurde daher vereinfachend auch für die 9 bis 13-jährigen Kinder der *Adequate Intake* der EFSA als Zielwert definiert.

Nach den Kriterien der *EAR Cut Point*-Methode können Kinder und Erwachsene in Deutschland als ausreichend versorgt betrachtet werden, wenn sie im Median eine Jodzufuhr aus Lebensmitteln im Bereich des AI der EFSA erreichen.

Bei den 6- bis 12-jährigen Kindern stammen im Median etwa 42 µg des Jods, das mit den Lebensmitteln täglich aufgenommen wird, originär aus den Lebensmitteln und sind somit salzunabhängig (Esche und Remer, 2019) (Tabelle 4). Die EFSA gibt für 6- bis 10-jährige Kinder eine adäquate Aufnahme von 90 µg und für 11- bis 12-Jährige von 120 µg pro Tag an (EFSA, 2014). Die 6- bis 10-jährigen Kinder müssten daher weitere 48 µg Jod pro Tag und die 11- bis 12-Jährigen weitere 78 µg Jod pro Tag aus Jodsalz aufnehmen, um den EFSA-Wert zu erreichen.

Bei den 13- bis 17-jährigen Jugendlichen stammen im Median etwa 46 µg des Jods, das mit Lebensmitteln aufgenommen wird, originär aus den Lebensmitteln und sind somit salzunabhängig (Esche und Remer, 2019) (Tabelle 4). Gemäß EFSA sind 13- bis 14-jährige Kinder adäquat versorgt, wenn sie 120 µg Jod pro Tag aufnehmen, und 15- bis 17-Jährige, wenn sie 130 µg pro Tag aufnehmen. Die 13- bis 17-Jährigen müssten daher weitere 74 µg bzw. 84 µg Jod pro Tag aus Jodsalz aufnehmen, um eine Jodaufnahme im Bereich der EFSA-Empfehlungen zu erreichen.

Unter diesem Aspekt können, bezogen auf die 6- bis 12-jährigen Kinder, alle Maßnahmen als sachgerecht bezeichnet werden, die die gegenwärtige salzbedingte Jodaufnahme von ca. 37 µg pro Tag im Median auf etwa 48 µg bzw. 78 µg pro Tag im Median steigern. Für die 13- bis 17-Jährigen müsste die gegenwärtige salzbedingte Jodaufnahme von ca. 51 µg pro Tag im Median auf etwa 74 bzw. 84 µg pro Tag erhöht werden.

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

Um den Einfluss einer Erhöhung des Jodgehaltes in Salz und der Reduktion des Salzverzehr auf die Jodaufnahme abschätzen zu können, muss die gegenwärtige Jodzufuhr aus Jodsalz bekannt sein. Die unter den derzeitigen Bedingungen aufgenommenen Jodmengen aus Jodsalz wurden anhand der Biomarker-basierten Expositionsabschätzungen in KiGGS 2 für Kinder ab 6 Jahren berechnet (Esche und Remer, 2019) (Abschnitt 3.2.3.2, Tabelle 4).

Wenn bei den 6- bis 12-jährigen Kindern 47 % (37 µg) bzw. bei den 13- bis 17-Jährigen 53 % (50,9 µg) der Jodaufnahme aus Jodsalz stammen, werden bei einem Jodgehalt von 20 mg pro kg Salz im Median täglich 1,9 g bzw. 2,5 g Jodsalz verzehrt. Damit hat Jodsalz einen Anteil von 32 % bzw. 33 % an der medianen Gesamtsalzaufnahme, die 5,8 g (6- bis 12-Jährige) bzw. 7,8 g (13- bis 17-Jährige) pro Tag beträgt (Esche und Remer, 2019).

Unter der Annahme, dass für die Daten aus KiGGS 2 in allen Verzehrperzentilen der Jodanteil aus Jodsalz konstant 47 % (6- bis 12-Jährige) bzw. 53 % (13- bis 17-Jährige) ist, werden in der 75. Verzehrperzentile 50,4 µg Jod aus 2,5 g Jodsalz (6- bis 12-Jährige) bzw. 67,1 µg Jod aus 3,4 g Jodsalz (13- bis 17-Jährige) und in der 95. Verzehrperzentile 84,6 µg Jod aus 4,2 g Jodsalz (6- bis 12-Jährige) bzw. 117,1 µg Jod aus 5,9 g Jodsalz (13- bis 17-Jährige) aufgenommen (Tabelle 9).

Tabelle 9 Gesamtjodzufuhr, Jodzufuhr aus Salz, Jodzufuhr aus LM, Gesamtsalzverzehr und Jodsalzverzehr im Median, der P75 und der P95 sowie prozentualer Anteil von Jodsalz am Salzverzehr auf Basis von KiGGS 2 (Esche und Remer, 2019)

6–12 Jahre	Jod _{gesamt} (µg/d)	Jod _{Salz} (µg/d)	Jod _{LM} (µg/d)	Salz _{gesamt} (g/d)	Jodsalz (g/d)	Anteil Jodsalz am Salzverzehr in %
Jodzufuhr %		47,0	53,0			
P50	78,9	37,0	41,9	5,8	1,9	32
P75*	107,2	50,4	56,8	8,5**	2,5**	30**
P95*	180,0	84,6	95,4	13,7**	4,2**	31**
13–17 Jahre	Jod _{gesamt} (µg/d)	Jod _{Salz} (µg/d)	Jod _{LM} (µg/d)	Salz _{gesamt} (g/d)	Jodsalz (g/d)	Anteil Jodsalz am Salzverzehr in %
Jodzufuhr %		53,0	47,0			
P50	96,6	50,9	45,7	7,8	2,5	33
P75*	126,7	67,1	59,5	11,9	3,4**	28**
P95*	220,9	117,1	103,8	18,7	5,9**	31**

* Die Werte in den Perzentilen P75 und P95 sind nicht in dem Abschlussbericht 2817HS007 von Esche und Remer (2019) enthalten, sondern wurden von Dr. Esche, Frau Hua und Prof. Remer persönlich zur Verfügung gestellt.

** Anhand der von Dr. Esche, Frau Hua und Prof. Remer übermittelten Zahlen berechnete Werte.

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 im Median oder geringeren Verzehrperzentilen.

Anhand der in Tabelle 9 dargestellten Aufnahme von Jod aus Salz 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 Salzverzehrs um 10 % leicht ermitteln (Tabelle 10).

Tabelle 10 Berechnung der salzbedingten Jodaufnahme in Abhängigkeit vom Jodgehalt im Salz im Median, der P75 und der P95 mit und ohne Berücksichtigung einer Reduktion des Salzverzehrs um 10 % anhand der Daten aus KiGGS 2

	Zu erwartende Jodaufnahme aus Jodsalz in µg pro Tag					
6–12 Jahre	Bei gegenwärtigem Salzverzehr			Nach 10 % Reduktion des Salzverzehrs		
mg Jod/kg Salz	20	25	30	20	25	30
Median	37,0	46,3	55,5	33,3	41,6	50,0
P75	50,4	63,0	75,6	45,4	56,7	68,0
P95	84,6	105,8	126,9	76,1	95,2	114,2
13–17 Jahre	Bei gegenwärtigem Salzverzehr			Nach 10 % Reduktion des Salzverzehrs		
mg Jod/kg Salz	20	25	30	20	25	30
Median	50,9	63,6	76,4	45,8	57,3	68,7
P75	67,1	83,9	100,7	60,4	75,5	90,6
P95	117,1	146,4	175,7	105,4	131,7	158,1

Die Erhöhung des maximal erlaubten Jodgehaltes von 25 auf 30 mg Jod pro kg Salz hätte vermutlich zur Folge, dass in den Produkten am Markt die Jodgehalte im Salz zwischen 20 und 30 mg pro kg (im Durchschnitt 25 mg pro kg) lägen. Bleiben sowohl der Salzverzehr als auch die Verwendung von Jodsalz für die Herstellung kommerzieller Lebensmittel konstant, ist durch diese Maßnahme bei den 6- bis 12-Jährigen im Median eine Erhöhung der salzbedingten Jodaufnahme um ca. 9 µg pro Tag auf 46,3 µg pro Tag und bei den 13- bis 17-Jährigen um ca. 13 µg pro Tag auf 63,6 µg pro Tag zu erwarten (Tabelle 10).

Die bei einem Durchschnittsgehalt von 25 mg Jod pro kg Salz erhöhten Jodaufnahmen aus Jodsalz würden die mediane Gesamtojodaufnahme von 78,9 µg pro Tag auf etwa 88 µg pro Tag (6 bis 12 Jahre) bzw. von 96,6 µg pro Tag auf ca. 109 µg pro Tag (13 bis 17 Jahre) steigern. Das zeigt, dass selbst bei konstant bleibendem Salzverzehr eine Erhöhung der Jodanreicherung um 5 mg pro kg Salz nicht ausreichend wäre, um bei Kindern im Alter von 11 bis 17 Jahren im Median den Zufuhrreferenzwert der EFSA zu erreichen. Die 6- bis 10-jährigen Kinder würden den Zufuhrreferenzwert unter diesen Bedingungen in etwa erreichen (AI für 1- bis 10-Jährige: 90 µg pro Tag; AI für 11- bis 14-Jährige: 120 µg pro Tag; AI für 15- bis 17-Jährige: 130 µg pro Tag) (EFSA, 2014).

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 KiGGS 2-Daten bei den 6- bis 12-Jährigen auf 4,6 µg pro Tag und bei den 13- bis 17-Jährigen auf 6,4 µg pro Tag. Damit ist durch die Maßnahme auch bei einer Reduktion des Salzverzehrs um 10 % eine geringfügige Erhöhung der salzbedingten Jodaufnahme in der Gesamtpopulation zu erwarten. Der anzustrebende Jodbeitrag aus Salz (48 bzw. 78 µg Jod pro Tag für die 6- bis 12-Jährigen und 74 bzw. 84 µg Jod pro Tag für die 13-

bis 17-Jährigen, siehe Abschnitt 3.4.1) wird im Median bei einem Durchschnittsgehalt von 25 mg Jod pro kg Salz bei gleichzeitiger Salzreduktion um 10 % jedoch nicht erreicht.

3.4.2.1 Einfluss auf die Prävalenz für eine unzureichende Jodaufnahme

Bei Mädchen, Frauen im gebärfähigen Alter sowie bei Kindern unter 6 Jahren wurde ein hoher Anteil mit einer Jodaufnahme unterhalb des EAR identifiziert (Abschnitt 3.3.1). Damit stellen diese Gruppen die wichtigsten Subpopulationen dar, in denen die Effekte, die durch eine Erhöhung des Jodgehalts im Salz und durch eine Reduktion des Salzverzehrs um 10 % auf die Prävalenz des Risikos einer unzureichenden Jodzufuhr erwartet werden, gemessen werden sollten.

Für die Gruppe der gebärfähigen Frauen hatte das BfR bereits darauf hingewiesen, dass durch die Erhöhung des Jodgehalts im Salz um 5 mg pro kg bei gleichzeitiger Reduktion des Salzverzehrs um 10 % die bestehende hohe Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Jodzufuhr nicht wesentlich reduziert wird (Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR).

In Esche und Remer (2019) wurde für die jüngeren Kinder unter 6 Jahren die gegenwärtige Jodzufuhr aus Jodsalz nicht berechnet, weshalb für diese Gruppe die Effekte nicht modelliert werden können. Es wurden die altersstratifizierten Gesamtsalz- und Gesamtjodzufuhren sowie die berechneten prozentualen Anteile der teilnehmenden Mädchen mit einer Jodzufuhr unterhalb des EAR aus dem Abschlussbericht von Hey und Thamm (2019) zugrunde gelegt, da in Esche und Remer (2019) aufgrund der anderen Zielstellung der Arbeit der Anteil der Studienteilnehmer mit einer Jodaufnahme unterhalb des EAR nicht berechnet worden war.

Tabelle 11 Medianer Salz- und Jodverzehr sowie Prävalenz des Risikos für eine unzureichende Versorgung der Mädchen unter gegenwärtigen Bedingungen (gemäß Hey und Thamm, 2019) und unter Berücksichtigung der Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf durchschnittlich 25 mg pro kg sowie einer Reduktion des Salzverzehrs um 10 % anhand der Daten aus KiGGS 2

Mädchen aus KiGGS 2	20 mg Jod pro kg Salz			25 mg Jod pro kg Salz		
	ohne Salzreduktion			mit 10 % Salzreduktion		
Alter	Median Salz g/d	Median Jod µg/d	< EAR in %	Median Salz g/d	Median* Jod µg/d	< EAR** in %
7–10	5,9	76	45	5,3	80*	42**
11–13	6,9	84	44	6,2	89*	41**
14–17	8,6	94	50	7,7	101*	47**

* Für die in der Tabelle dargestellten Altersgruppen sind die prozentualen Jodanteile aus Jodsalz nicht ermittelt worden. Deshalb wurde für die Berechnungen der Jodaufnahmen, die nach Erhöhung des Jodgehalts von Salz und Reduktion des Salzverzehrs erwartet werden, angenommen, dass die gemäß Esche und Remer (2019) ermittelten Jodanteile aus Jodsalz für die 6- bis 12-Jährigen annähernd auf 7- bis 13-jährige Mädchen und die für die 13- bis 17-Jährigen ermittelten Anteile annähernd auf 14- bis 17-jährige Mädchen zutreffen.

** Für die Berechnungen der Prävalenzen für das Risiko einer unzureichenden Jodzufuhr der Mädchen, die nach Erhöhung des Jodgehalts von Salz und Reduktion des Salzverzehrs erwartet werden, wurde vereinfachend angenommen, dass sich die daraus resultierenden Effekte auf die Jodaufnahme in allen Verzehrspercentilen gleich verhalten. Da dies nicht immer der Fall sein muss, können sich gewisse Unsicherheiten ergeben.

Eine Erhöhung des Jodgehaltes von Salz hat auch auf die Subpopulation der 7- bis 17-jährigen Mädchen nur einen geringfügigen Effekt. So erhöht sich die mediane Jodaufnahme in dieser Gruppe nach Erhöhung des Jodgehaltes auf durchschnittlich 25 mg pro kg und 10 % Reduktion des Salzverzehrs zwar geringfügig um 4 bis 7 µg pro Tag, jedoch werden die altersspezifischen Zufuhrreferenzwerte der EFSA im Median nicht erreicht und die Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Versorgung liegt weiterhin mit 41 bis 47 % in einem relativ hohen Bereich (Tabelle 11).

Insgesamt ist festzustellen, dass eine Reduktion des Salzverzehrs um 10 % durch die Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf maximal 30 mg pro kg, d. h. im Durchschnitt der Produkte eher auf 25 mg pro kg, noch gut kompensiert wird bzw. sich die Jodaufnahme im Median leicht erhöht. Die bestehende Prävalenz für das Risiko einer Unterversorgung, die in der Gruppe der Mädchen besonders hoch ist, wird jedoch nur unwesentlich reduziert. Das Kriterium „sachgerecht“ wird daher durch eine alleinige Erhöhung des Jodgehalts im Salz um 5 mg pro kg nicht erfüllt.

3.4.2.2 Einfluss auf das Risiko, den UL zu überschreiten

Gegenwärtig ist das Risiko, dass Kinder und Jugendliche durch den Lebensmittelverzehr den jeweiligen altersspezifischen UL überschreiten, vernachlässigbar gering. So wurde in der KiGGS 2-Studie in der P95 eine Jodgesamtaufnahme von 180,0 µg (6- bis 12-Jährige) bzw. 220,9 µg (13- bis 17-Jährige) pro Tag ermittelt, wovon 84,6 µg bzw. 117,1 µg dem Jodsalz und 95,8 µg bzw. 103,8 µg den sonstigen Lebensmitteln zugeordnet werden können (Tabelle 4 und Tabelle 9). Bei einem Jodgehalt von 20 mg pro kg im Salz ergibt sich daraus ein Jodsalzverzehr von 4,2 bzw. 5,9 g pro Tag in der P95 (Tabelle 9). Bleiben 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 pro kg eine salzbedingte Jodaufnahme von 105,8 (6 bis 12 Jahre) bzw. 146,4 µg (13 bis 17 Jahre) pro Tag in der P95 und bei Ausschöpfung des maximalen Gehalts von 30 mg pro kg eine salzbedingte Jodaufnahme von 126,9 bzw. 175,7 µg pro Tag in der P95 (Tabelle 10).

Für die Bewertung des Risikos einer zu hohen Aufnahme von Jod wird von einem Szenario ausgegangen, bei dem die beabsichtigte Reduktion der Salzzufuhr nicht erfolgreich ist, da auch in diesem Fall die Erhöhung des Jodgehaltes von Salz auf maximal 30 mg pro kg gesundheitlich unbedenklich sein muss. Daher werden hier nur Jodzufuhrmengen aus Jodsalz, die sich aus der Ausschöpfung des maximalen Jodgehaltes von 30 mg pro kg im Salz ergeben, bewertet (Tabelle 10). In Summe mit dem inhärenten Jodanteil aus Lebensmitteln von 95,4 bzw. 103,8 µg pro Tag in der P95 (Tabelle 9) ergäbe sich für die KiGGS 2-Studie in diesem Fall eine Jodaufnahme von 222,3 bzw. 279,5 µg pro Tag in der 95. Verzehrperzentile, die um etwa 30 bis 230 µg bzw. 170 bis 220 µg unterhalb des jeweiligen altersspezifischen UL läge (Tabelle 12). Dabei ergibt sich die Differenz von 30 µg zum UL aus der Altersgruppe der 4- bis 6-Jährigen, in der die 6-Jährigen an der Grenze zum nächst höheren UL liegen. Die Biomarker-basierten Gesamtjodzufuhrmengen aus KiGGS 2 berücksichtigen alle Jodquellen, und somit ist auch die Verwendung von NEM bereits enthalten.

Tabelle 12 Berechnung der möglichen Jodgesamtaufnahme in der P95 bei gegenwärtigem Salzverzehr und einem Jodhöchstgehalt von 30 mg pro kg Salz anhand der Daten aus KiGGS 2

Alter	Jodaufnahme aus Lebensmitteln in P95	mögliche Jodaufnahme bei gegenwärtigem Salzverzehr und 30 mg Jod pro kg Salz		UL (SCF, 2002)
		Jodaufnahme aus Jodsalz in P95	Jodgesamtaufnahme in P95	
	µg pro Tag			
6–12 Jahre	95,4	126,9	222,3	250/300/450
13–17 Jahre	103,8	175,7	279,5	450/500

In den Szenarien von KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL (UB-Ansatz, konventionelle Lebensmittel) wurden in der 95. Perzentile unter Berücksichtigung der potentiellen Verwendung von Jodsalz im Haushalt Jodaufnahmemengen von 132,3 µg (3 bis 5 Jahre), 146,8 µg (6 bis 8 Jahre) und 154,5 µg pro Tag (9 bis 11 Jahre) ermittelt (Tabelle 8). Damit ergibt sich ein Abstand von etwa 70 bis 120 µg für die 3- bis 5-Jährigen, von etwa 100 bis 150 µg für die 6- bis 8-Jährigen und von 150 bis 300 µg für die 9- bis 11-Jährigen zu dem jeweiligen altersspezifischen UL, der für die Erhöhung des Jodgehaltes im Salz zur Verfügung stünde.

Aus der Anwendung des in KiGGS 2 ermittelten Anteils von 47 % salzbedingter Jodaufnahme bei den 6- bis 12-Jährigen (Esche und Remer, 2019) auf die in der P95 ermittelten Jodaufnahmemengen aus EsKiMo II-MEAL⁴ ergibt sich ein Jodanteil von 69 µg (6 bis 8 Jahre) bzw. 73 µg pro Tag (9 bis 11 Jahre) aus Salz und von 78 µg bzw. 82 µg Jod pro Tag aus den sonstigen Lebensmitteln. Das entspricht einem Jodsalzverzehr von 3,5 g bzw. 3,7 g pro Tag, wenn der Jodgehalt 20 mg pro kg Salz beträgt. Die Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf 30 mg pro kg würde die salzbedingte Jodaufnahme auf 105 µg bzw. 111 µg pro Tag steigern. In Summe mit dem Jodanteil aus sonstigen Lebensmitteln würde in der EsKiMo II-MEAL-Expositionsschätzung eine Jodaufnahme von 183 µg bzw. 193 µg pro Tag in der P95 erreicht werden. Der Abstand zum UL betrüge in diesem Fall noch etwa 70 bis 120 µg (6 bis 8 Jahre) bzw. 110 bis 260 µg pro Tag (9 bis 11 Jahre), der dann ggf. für NEM noch zur Verfügung stünde (in den in EsKiMo II-MEAL ermittelten Jodaufnahmemengen wird die Verwendung von NEM nicht berücksichtigt). Mit einem Verwendungsgrad jodhaltiger NEM bei Kindern und Jugendlichen von unter 1,5 % (Mensink et al., 2020) nimmt aber nur ein geringer Anteil dieser Bevölkerungsgruppen zusätzliches Jod über NEM auf. Das Risiko, durch eine Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf 30 mg pro kg den UL zu überschreiten, kann daher auch auf Basis von EsKiMo II-MEAL und der Biomarker-basierten Jodanteile aus Jodsalz noch immer als gering betrachtet werden, sofern der Verwendungsgrad von 29 % Jodsalz zur Herstellung kommerzieller Lebensmittel (Bissinger et al., 2018) konstant bleibt.

⁴ KiESEL-MEAL konnte hier nicht betrachtet werden, da für die jüngeren Kinder keine Daten zur Jodzufuhr aus Jodsalz vorliegen.

Das BfR weist jedoch an dieser Stelle darauf hin, dass in den MEAL-Szenarien bereits jetzt ein Anteil von 0,8 % der KiESEL-Kinder im Alter von 1 bis 2 Jahren und ein Anteil von 0,07 % der EsKiMo II-Kinder im Alter von 6 bis 8 Jahren den UL überschreitet, auch ohne die Berücksichtigung von Jodsalz im Haushalt und der Verwendung jodhaltiger NEM.

Insgesamt wird aber deutlich, dass die Erhöhung des Jodgehaltes von Salz auf 30 mg pro kg beim gegenwärtigen Verwendungsgrad von 29 % Jodsalz zur Herstellung kommerzieller Lebensmittel (Bissinger et al., 2018) als gesundheitlich unbedenklich betrachtet werden kann.

3.4.3 Ermittlung „sachgerechter“ und „gesundheitlich unbedenklicher“ Verwendungsgrade von Jodsalz nach Erhöhung des maximalen Jodgehaltes auf 30 mg pro kg

Im Folgenden soll die Spanne der „sachgerechten“ und „gesundheitlich unbedenklichen“ Verwendungsgrade von Jodsalz für Kinder anhand der KiGGS 2-Daten berechnet werden. Dafür wird auf die in Tabelle 9 aufgeführten Jod- und Jodsalzverzehrsmengen zurückgegriffen.

Aus dem medianen salzbedingten Jodverzehr von 37,0 µg pro Tag (6- bis 12-Jährige) bzw. 50,9 µg pro Tag (13- bis 17-Jährige) ergab sich ein Anteil von 47 % bzw. 53 % am Jodverzehr und ein medianer Jodsalzverzehr von 1,9 g bzw. 2,5 g pro Tag, der wiederum 32 % bzw. 33 % des medianen Salzverzehrs von 5,8 g bzw. 7,8 g pro Tag entspricht (Esche und Remer, 2019). 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 KiGGS 2 ermittelten Mengen und Verhältnisse lässt sich nun für jeden gewünschten Jodgehalt im Salz die 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.

Allerdings ist diese Vorgehensweise bei den Kindern mit größeren Unsicherheiten und Schwankungen verbunden als bei den Erwachsenen, da die für die Berechnungen benötigten Werte für die inhärenten Jodanteile aus Lebensmitteln auf Basis der breitgefassten Altersgruppen „6 bis 12 Jahre“ und „13 bis 17 Jahre“ kalkuliert wurden. Auf diesen Werten basierend orientieren sich die Zielwerte jedoch an den jeweiligen altersspezifischen Zufuhrreferenzwerten oder ULs, bei denen die Altersgruppen weniger Jahre umfassen. Insofern sind die folgenden Schätzungen nur als sehr grobe Richtwerte anzusehen.

Die Berechnungen der erforderlichen Jodsalzanteile am Salzverzehr für das Kriterium „sachgerecht“ erfolgte für den Jodgehalt von 25 mg pro kg Salz unter Berücksichtigung einer Reduktion des Salzverzehrs um 10 %.

Die erforderliche Jodaufnahme aus Jodsalz zur Erreichung der Zufuhrreferenzwerte der EFSA beträgt bei den 6- bis 10-Jährigen 48 µg pro Tag und bei den 11- bis 12-Jährigen 78 µg pro Tag im Median (siehe Abschnitt 3.4.1). Unter Berücksichtigung der oben genannten Bedingungen (Joddurchschnittsgehalt 25 mg pro kg, Salzreduktion um 10 %) ergab sich bei den 6- bis 12-Jährigen auf Basis der medianen Salzgesamtaufnahme von 5,8 g pro Tag (Esche und Remer, 2019) ein Anstieg der Jodaufnahme pro Prozent Jodsalzanteil von $y = 1,305x$, nach dem eine salzbedingte Jodaufnahme von 48 µg bei einem Jodsalzanteil von 37 % und von 78 µg bei einem Jodsalzanteil von 60 % erreicht wird.

Bei den 13- bis 14-Jährigen beträgt die erforderliche Jodaufnahme aus Jodsalz zur Erreichung der Zufuhrreferenzwerte der EFSA 74 µg pro Tag und bei den 15- bis 17-Jährigen 84 µg pro Tag im Median (siehe Abschnitt 3.4.1). Nach den oben genannten Bedingungen ergab sich bei den 13- bis 17-Jährigen auf Basis der medianen Salzgesamtaufnahme von 7,8 g pro Tag (Esche und Remer, 2019) ein Anstieg der Jodaufnahme pro Prozent Jodsalzanteil von $y = 1,755x$, nach dem eine salzbedingte Jodaufnahme von 74 µg bei einem Jodsalzanteil von 42 % und von 84 µg bei einem Jodsalzanteil von etwa 48 % erreicht wird.

Die Berechnung des maximalen „gesundheitlich unbedenklichen“ Jodsalzanteiles am Salzverzehr erfolgte für den Jodgehalt von 30 mg pro kg Salz bei unverändertem Salzverzehr.

Bei den 7- bis 10-Jährigen⁵ beträgt der Zielwert der salzabhängigen Jodaufnahme 205 µg pro Tag in der P95, da in Summe mit dem Jodverzehr aus sonstigen Lebensmitteln von rund 95 µg pro Tag (Tabelle 4 und Tabelle 9) der UL von 300 µg pro Tag nicht überschritten werden sollte. Für die 11- bis 12-Jährigen, für die ebenfalls eine Jodzufuhr von 95 µg aus sonstigen Lebensmitteln in der P95 zugrunde gelegt wird, beträgt der Zielwert bei einem UL von 450 µg pro Tag 355 µg Jod pro Tag. Für die oben genannten Bedingungen ergab sich für die 6- bis 12-Jährigen bei einem Salzverzehr von 13,7 g pro Tag in der P95 ein Anstieg der Jodaufnahme pro Prozent Jodsalzanteil von $y = 4,11x$, nach dem eine salzbedingte Jodaufnahme von 205 µg in der P95 bei einem Jodsalzanteil von 50 % und von 355 µg bei einem Jodsalzanteil von etwa 86 % am Salzverzehr erreicht wird.

Bei den 13- bis 17-Jährigen wurde eine Jodzufuhr aus sonstigen Lebensmitteln von etwa 104 µg pro Tag in der P95 berechnet (Tabelle 4 und Tabelle 9). Darauf basierend beträgt die Differenz zum UL bei den 13- bis 14-Jährigen (UL: 450 µg pro Tag) 346 µg und bei den 15- bis 17-Jährigen 396 µg (UL: 500 µg pro Tag). Unter Berücksichtigung der genannten Bedingungen (maximaler Jodsalzgehalt von 30 mg pro kg; keine Salzreduktion) ergab sich für die 13- bis 17-Jährigen bei einem Salzverzehr von 18,7 g pro Tag in der P95 ein Anstieg der Jodaufnahme pro Prozent Jodsalzanteil von $y = 5,61x$, nach dem eine salzbedingte Jodaufnahme von 346 µg in der P95 bei einem Jodsalzanteil von etwa 62 % und von 396 µg bei einem Jodsalzanteil von etwa 71 % am Salzverzehr erreicht wird.

Insgesamt kann unter Berücksichtigung der vorliegenden Unsicherheiten und Schwankungen eine Erhöhung des maximalen Jodgehaltes in Salz von 25 auf 30 mg pro kg auch bei erfolgreicher Reduktion des Salzverzehrs dann als sachgerecht für Kinder angesehen werden, wenn der Verwendungsgrad von Jodsalz über alle Lebensmittel hinweg mindestens 37 % bis 60 % beträgt. Allerdings liegen die kalkulierten gesundheitlich unbedenklichen Verwendungsgrade für die einzelnen Altersgruppen zum Teil unterhalb der sachgerechten Verwendungsgrade. Der geringste Wert für einen gesundheitlich unbedenklichen Verwendungsgrad unter *Worst Case*-Bedingungen (30 mg Jod pro kg Salz, keine Salzreduktion) wurde mit 50 % für die 7- bis

⁵ Die 6-Jährigen wurden hier nicht betrachtet, da ihr altersspezifischer UL sich an der Altersgruppe „4 bis 6 Jahre“ orientiert. Die für die Berechnung zugrunde gelegten inhärenten Jodanteile aus Lebensmitteln wurden aber anhand der Altersgruppe „6 bis 12 Jahre“ berechnet, weshalb diese kaum auf die 4- bis 6-Jährigen angewendet werden können.

10-Jährigen ermittelt. Bei Erwachsenen liegt der gesundheitlich unbedenkliche Verwendungsgrad von Jodsalz über alle Lebensmittel hinweg mit 42 % noch etwas niedriger (Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR). Dieser sollte nicht wesentlich überschritten werden.

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 Berechnungen eine ganze Reihe von Annahmen und Vereinfachungen zu Grunde liegen. 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. 47 % 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 den Expositionsschätzungen auf Basis von KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL, bei denen Jodsalz in kommerziellen Lebensmitteln berücksichtigt wurde (Abbildung 1), als auch aus den Modellszenarien des MRI für Jugendliche und Erwachsene (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 sinnvoll sein, in dieser Lebensmittelgruppe zielgerichtet den Verwendungsgrad von Jodsalz zu erhöhen.

3.5 Unsicherheiten

Die *Foodlist* der BfR-MEAL-Studie deckt zwar mehr als 90 %, jedoch weniger als 100 % des Verzehrs und innerhalb einzelner Lebensmittelgruppen auch teilweise weniger als 90 % des Verzehrs der EsKiMo II- bzw. KiESEL-Studie ab. Die Folge kann eine geringfügige Unterschätzung der Exposition sein.

Dargestellt sind die Jodgehalts- und Aufnahmedaten auf Basis des UB-Ansatzes. Die Unterschiede zum mLb-Ansatz in den Gehaltsdaten haben nur eine sehr geringe Auswirkung auf die geschätzte Jodaufnahme der Bevölkerung (Tabelle 1 und Tabelle 5 im Anhang). Bei der Interpretation aller dargestellten Ergebnisse muss jedoch berücksichtigt werden, dass im UB-Ansatz eine leichte Überschätzung der Jodgehalte sowie der Jodaufnahme vorliegen kann.

Das in der BfR-MEAL-Studie für die Zubereitung der Gerichte und Getränke verwendete Trinkwasser weist einen vergleichsweise hohen Jodgehalt 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 Jodgehaltsdaten der konventionell bzw. biologisch erzeugten MEAL-Pools. Für die 251 Lebensmittel, für die keine nach Erzeugungsart stratifizierte Pools vorlagen, wurden nicht erzeugungsspezifische Werte der entsprechenden Lebensmittel substituiert. Richtung und Größe des Effekts dieser Substituierung sind unbekannt.

Bei der Zubereitung der Lebensmittel in der MEAL-Studienküche wurde unjodiertes Salz verwendet. Dies führt zu einer Unterschätzung der Jodgehalte von Lebensmitteln, deren Pools mit Salz zubereitete Gerichte enthalten, und infolge dessen zu einer Unterschätzung der Jodaufnahme. Eine Quantifizierung bzw. Berücksichtigung dieser Unsicherheit erfolgt jedoch anhand des Szenarios „Verwendung von Jodsalz im Haushalt“.

Im Gegensatz zu den Auswertungen bei den Erwachsenen auf Basis der NVS II und DEGS1, liegen die medianen Gesamtjodaufnahmen aus KiGGS 2 zwar oberhalb der BLS-basierten EsKiMo II-Auswertung des RKI, aber unterhalb der kalkulierten Jodaufnahmemengen auf Basis der MEAL-Daten (KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL), obwohl die Verwendung von Jodsalz im Haushalt bei der MEAL-Auswertung nicht berücksichtigt wurde. Die Unterschiede in den ermittelten Jodaufnahmewerten sind am ehesten auf methodische Differenzen zwischen den verschiedenen Erhebungsinstrumenten zurückzuführen. Während in KiGGS 2 die Gesamtjodaufnahme Biomarker-basiert anhand der Jodurinausscheidung bestimmt wurde, wurden in EsKiMo II-MEAL und KiESEL-MEAL die Jodzufuhren auf Basis von Verzehrserhebungen abgeschätzt.

Unsicherheiten können sich aus beiden Erhebungsinstrumenten ergeben. So unterliegt die Bestimmung von Jod über Spontanurin einer hohen intra- und interindividuellen Variabilität (trotz einer Normalisierung über alters-standardisierte 24 h-Kreatininausscheidungen zur Ausgleichung von Schwankungen im Hydratationsstatus), da die Jodaufnahme innerhalb eines Tages oder an verschiedenen Tagen stark variieren kann. Diese Methode ist daher nicht zur Bestimmung des individuellen Jodversorgungstatus geeignet, jedoch wird sie trotz dieser Unsicherheiten als guter Indikator angesehen, um die mittlere Jodversorgung auf Bevölkerungsebene abzuschätzen. Bei den Verzehrserhebungen ist fast allen gemeinsam, dass ein *Under*- oder *Overreporting* möglich sein kann. Aber auch innerhalb der verschiedenen Verzehrserhebungen (z. B. Wiegeprotokolle, DISHES, 24 h-Recall) hat jede Methode ihre Vor- und Nachteile, die sich gegebenenfalls unterschiedlich auf das Ergebnis auswirken können. Bei der Verwendung von Wiegeprotokollen ist z. B. die Erfassung des „Außer-Haus-Verzehrs“ mit größeren Unsicherheiten verbunden, insbesondere bei jüngeren Kindern. Um diese zu verringern, wurde bei KiESEL ergänzend ein reduziertes Schätzprotokoll für den Verzehr in den Betreuungseinrichtungen verwendet.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Altersgruppeneinteilung zwischen den verschiedenen Erhebungen variiert, so dass ein Vergleich gewisse Unsicherheiten bergen kann. Durch eine im Rahmen der EsKiMo II-MEAL-Auswertung zusätzlich erstellte Altersgruppe „7 bis 10 Jahre“ wurde aber die Vergleichbarkeit mit den KiGGS 2-Daten erleichtert.

In den Modellszenarien auf Basis von KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL, in denen die Verwendung von Jodsalz im Haushalt berücksichtigt wurde, wird die Jodaufnahme eher überschätzt, da für alle Studienteilnehmer die Verwendung von Jodsalz im Haushalt angenommen wurde.

Um zu berechnen, wie hoch die salzbedingte Jodaufnahme sein müsste, um die Prävalenz für das Risiko einer unzureichenden Versorgung auf 2 bis 3 % zu reduzieren, wurden den auf Basis von KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL ermittelten Risikoprävalenzen die entsprechenden ermittelten medianen Jodaufnahmen gegenübergestellt. Die hier angewendete lineare Regression basiert allerdings auf einigen vereinfachenden Annahmen. Zum einen wurde vorausgesetzt, dass in jeder Altersstufe die Verteilung der Jodaufnahme ähnlich ist und zum

anderen, dass die Varianz bei steigenden Jodaufnahmen unverändert bleibt, was in der Realität nicht unbedingt der Fall sein muss. Daher kann der extrapolierte angenommene Zusammenhang zwischen der Risikoprävalenz und der medianen Jodaufnahme nur eine ungefähre Annäherung darstellen. Des Weiteren ist die Verteilung der Residuen der Regression aufgrund der geringen Zahl von Datenpunkten ($n = 8$) nicht eindeutig zu klären und nicht notwendigerweise normalverteilt.

Für die Berechnung des Jodanteiles aus Salz auf Basis von EsKiMo II-MEAL und EsKiMo II-BLS wurden von der MEAL-basierten Jodaufnahme die BLS-basierte Jodaufnahme, in der kein Jodsalz berücksichtigt ist, 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. Dennoch bestätigen sich die medianen salzbedingten Jodaufnahmemengen, die im Kontext von KiGGS 2 und der Differenz zwischen EsKiMo II-MEAL und EsKiMo II-BLS modelliert wurden, gegenseitig sehr 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 Verzehrer, die ausschließlich Jodsalz verwenden bzw. vorrangig jodsalzhaltige Produkte kaufen, vereinzelt sehr hohe Jodaufnahmemengen erreichen. Die Häufigkeit dieser Verhaltensmuster konnte in den Modellierungen nicht abgeschätzt und somit für mögliche zukünftige UL-Überschreitungen auch nicht extrapoliert werden.

Den Berechnungen des sachgerechten und gesundheitlich unbedenklichen Verwendungsgrades von Jodsalz liegen eine Reihe von Annahmen und Vereinfachungen zu Grunde. Dazu gehört die Annahme, dass in allen Verzehrperzentilen die salzbedingte Jodaufnahme und der Jodgehalt im Salz konstant ist. Darüber hinaus können Jodsalzprodukte am Markt unterschiedliche Jodmengen (15 bis 25 mg pro kg) enthalten, weshalb auch der berechnete mediane Jodsalzverzehr nur einer Schätzung entsprechen kann. Auch sind die Berechnungen bei den Kindern mit größeren Unsicherheiten und Schwankungen verbunden als bei den Erwachsenen, da die für die Berechnungen benötigten Werte für die inhärenten Jodanteile aus Lebensmitteln auf Basis der breitgefassten Altersgruppen „6 bis 12 Jahre“ und „13 bis 17 Jahre“ kalkuliert wurden. Auf diesen Werten basierend orientieren sich die Zielwerte jedoch an den jeweiligen altersspezifischen Zufuhrreferenzwerten oder ULs, bei denen die Altersgruppen weniger Jahre umfassen.

Bei einer Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf maximal 30 mg pro kg und gleichzeitiger Salzreduktion um 10 % sind die ermittelten Jodsalzverwendungsgrade für „sachgerecht“ und „gesundheitlich unbedenklich“ daher als Rahmenbedingungen für die Jodsalzprophylaxe über alle Lebensmittel hinweg zu betrachten.

3.6 Eignung von Jodat und Jodid als Speisesalzzusatz

Jod spielt in der menschlichen Entwicklung eine wichtige Rolle für die Gesundheit und muss als essentielles Spurenelement mit der Nahrung aufgenommen werden. In und mit einem Nahrungsmittelsystem können hierbei verschiedene Jodspezies wie Jodid, Jodat und elementares Jod Oxidations- und Reduktionszyklen eingehen. So kann z. B. Jodid durch Sauerstoff oder andere Oxidationsmittel zu elementarem Jod oxidieren. Elementares Jod sublimiert leicht

und wird durch Verdampfung und Diffusion schnell an die Atmosphäre verloren. Deshalb ist Jodat in Lebensmitteln generell als stabiler anzusehen als Jodid (BfR, 2004; Kaiho, 2014; West et al., 1995).

Um einem Jodmangel in der Bevölkerung entgegenzuwirken, wird weltweit Speisesalz mit Kaliumjodid oder Kaliumjodat angereichert. In Gebieten mit warmem und feuchtem Klima wird wegen der höheren Stabilität Jodat bevorzugt (WHO, 2004). Historisch bedingt wird in Nordamerika und einigen europäischen Ländern Kaliumjodid benutzt, während in den meisten tropischen Ländern Kaliumjodat verwendet wird (WHO, 2004). In vielen Ländern wird Kaliumjodid benutzt, da dessen Verfügbarkeit im Vergleich zu Kaliumjodat höher und es außerdem preiswerter war (Chavasit et al., 2002). In der Bundesrepublik Deutschland sind seit 1981 für die Herstellung von jodiertem Speisesalz nur Jodate (Natrium- und Kaliumjodat) zugelassen. Kaliumjodat weist eine höhere Stabilität bei der Lagerung im Vergleich zu Kaliumjodid auf. Die Qualität des jodierten Speisesalzes bzw. seine Mindesthaltbarkeitsdauer konnte durch Jodat wesentlich verbessert werden (Habermann et al., 1978). Wird Kaliumjodid als Salzzusatz verwendet, werden oft Natriumkarbonat, Natriumbikarbonat, Natriumthiosulfat oder Dextrose zugesetzt, um den pH-Wert zu erhöhen und das Kaliumjodid zu stabilisieren (Habermann et al., 1978; WHO, 2014). Dies gilt es bei einer möglichen Zulassung von Kaliumjodid in Deutschland zu berücksichtigen.

Die WHO schätzt den Jodverlust durch die Lebensmittelherstellung auf 20 % und weitere 20 % bei der Verarbeitung bzw. Zubereitung (WHO, 2007). Allerdings sind in der Literatur hinsichtlich der Stabilität des zugesetzten Jodids während der Lebensmittelherstellung und Verarbeitung wenige aussagekräftige Studien zu finden. Zudem gibt es kaum Studien, welche einen Vergleich der Stabilität von Jodid und Jodat in der Lebensmittelverarbeitung behandeln. Somit ist eine Einschätzung sowohl bezüglich der Stabilität von Jodid, als auch im Vergleich zur Stabilität von Jodat bei Lebensmittelverarbeitungsprozessen nicht möglich. Eine Studie von Liu et al. liefert aber Hinweise darauf, dass Jodat aus jodiertem Salz während des Kochvorgangs zu einem hohen Grad zu Jodid reduziert wird (86,8 % \pm 14,5 % des Jodats wurden in dieser Studie zu Jodid umgewandelt und zu 9,6 % \pm 6,2 % in molekulares Iod) (Liu et al., 2017).

Ein Beispiel aus der Fleischverarbeitung zeigt, dass der Gebrauch von Jodid oder Jodat als Salzzusatz keine negativen Effekte auf die Sensorik, Verarbeitungscharakteristika oder die Bildung von Nitrosaminen hat (Wirth und Kühne, 1991). In einer weiteren Studie wurde festgestellt, dass die Zugabe von Kaliumjodid oder Kaliumjodat keinen Einfluss auf die Qualität diverser Lebensmittel, unter anderem Fleisch-, Milch-, Getreide- und Gemüseprodukte, hat (West et al., 1995). Daher ist weder durch die Verwendung von Jodid als auch Jodat im Speisesalz zu erwarten, dass Lebensmittelverarbeitungsprozesse signifikant beeinflusst werden.

Sowohl im menschlichen Verdauungstrakt als auch im Gewebe und in Erythrozyten wird Jodat durch Reaktionen mit Glutathion-Beteiligung zu Jodid reduziert. Jodid wird im Gegensatz zu Jodat direkt absorbiert und ist komplett bioverfügbar (Blanco und Blanco, 2017). Über Salz aufgenommene geringe Jodat-Mengen stehen dem Körper somit fast ausschließlich als Jodid zur Verfügung (Bürgi et al., 2001).

Hinsichtlich des Gefährdungspotentials von Jodat wurden adverse Effekte bei extrem hohen Kaliumjodat-Dosierungen, die möglicherweise die intestinale Barriere überschreiten können (Bürgi et al., 2001), beobachtet. In Fallberichten, in denen Personen versehentlich exzessiv hohe Dosen Kaliumjodat (8,4 bis 24 g oder 187 bis 470 mg pro kg Körpergewicht) oral als wässrige Lösung eingenommen hatten, wurde über Schwindel, Erbrechen, Durchfall, eine

stark eingeschränkte Sehfähigkeit sowie Nierenversagen berichtet (Singalavaniya et al., 2000). Zum Vergleich: Mit Kaliumjodat angereichertes Speisesalz mit einem Jodgehalt von 20 mg pro kg Salz (Durchschnittsgehalt in Deutschland) enthält 32 mg Kaliumjodat pro kg Salz. Das bedeutet, man würde bei einem Salzverzehr von etwa 8 g pro Tag in etwa 0,3 mg Kaliumjodat aufnehmen, sofern ausschließlich jodiertes Speisesalz verzehrt werden würde. Die Aufnahme über Salz wäre damit in etwa 30.000-fach geringer als bei den oben aufgeführten Fallbeispielen.

Die vorliegenden meist älteren Toxizitätsstudien mit Jodat bei verschiedenen Tierspezies sind widersprüchlich und entsprechen nicht dem aktuellen Standard für eine valide Bewertung, da u. a. die Toxikokinetik meist nur wenig berücksichtigt wurde. Insgesamt wurden aber in diesen Studien adverse Wirkungen erst ab sehr hohen Jodatdosierungen beobachtet (Bürgi et al., 2001), die die mögliche Exposition von Jodat durch angereichertes Salz um mehrere Größenordnungen überschreiten (Bürgi et al., 2001). Daten zur möglichen Genotoxizität von Jodat sind rar. In der Studie von Poul et al. wurden jedoch mittels *Comet Assay* und Zytokinese-Block-Mikronukleus Assay bis zu einer Dosis von 10 Millimolar Kaliumjodat keine DNA-Schäden detektiert (Poul et al., 2004)

In Deutschland wird seit Jahrzehnten Jodat zur Anreicherung von Speisesalz eingesetzt. Bislang liegen keine validen Hinweise vor, dass durch den Verzehr dieses Salzes unerwünschte Wirkungen auftreten. Entsprechendes gilt für den Zusatz von Jodid, das seit Jahrzehnten in vielen anderen Ländern im Rahmen der Jodsalzprophylaxe eingesetzt wird. Die direktere Bioverfügbarkeit von Jodid würde für eine Verwendung von Jodid als Salzzusatz sprechen. Inwieweit dies Auswirkungen auf die Jodversorgung der deutschen Bevölkerung hätte, kann aus den vorliegenden Daten nicht abgeschätzt werden.

Schlussendlich liegen keine ernährungsphysiologischen, technologischen oder toxikologischen Daten vor, die gegen eine Verwendung der gemäß Verordnung (EG) Nr. 1925/2006 zugelassenen Jodverbindungen als Speisesalzzusatz in den üblicherweise verwendeten Konzentrationsbereichen sprechen. Eine gleichzeitige Anwendung von Jodid und Jodat in einem Lebensmittel sollte aber vermieden werden, da sonst beide Spezies miteinander zu flüchtigem elementarem Jod reagieren können und somit der Mehrwert der Anreicherung nicht mehr zur Verfügung stehen würde.

Weitere Informationen auf der BfR-Website zum Thema Jod:

Stellungnahme „Rückläufige Jodzufuhr in der Bevölkerung: Modellszenarien zur Verbesserung der Jodaufnahme“ (<https://www.bfr.bund.de/cm/343/rueckklaeufige-jodzufuhr-in-der-bevoelkerung-modellszenarien-zur-verbesserung-der-jodaufnahme.pdf>)

Presseinformation „Veganismus: Vitamin B12 wird gut ergänzt, Jod ist das Sorgenkind“ (https://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2020/28/veganismus_vitamin_b12_wird_gut_ergaenz_t_jod_ist_das_sorgenkind-253978.html)

Presseinformation „Jod, Folsäure und Schwangerschaft - Tipps für die Praxis“ (https://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2022/07/jod_folsaeure_und_schwangerschaft_tipps_fuer_die_praxis-291917.html)

FAQ „Jodversorgung in Deutschland wieder rückläufig - Tipps für eine gute Jodversorgung“ (https://www.bfr.bund.de/de/jodversorgung_in_deutschland_wieder_ruecklaeufig_tipps_fuer_eine_gute_jodversorgung-128626.html)



„Stellungnahmen-App“ des BfR

4 Referenzen

BfR (2004). Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln – Teil II. BfR Wissenschaftsheft: 1-323. ISSN 1614-3795 ISBN 3-931675-88 https://www.bfr.bund.de/cm/350/verwendung_von_mineralstoffen_in_lebensmitteln_bfr_wissenschaft_4_2004.pdf.

BfR (2021). Rückläufige Jodzufuhr in der Bevölkerung: Modellszenarien zur Verbesserung der Jodaufnahme – Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR vom 9. Februar 2021.

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>.

Blanco A, Blanco G (2017). Medical Biochemistry. Academic Press: Copyright 2017 Elsevier Inc. 1st Edition; eBook ISBN: 9780128035870, Paperback ISBN: 9780128035504.

Bürgi H, Schaffner TH, Seiler JP (2001). The Toxicology of Iodate: A Review of the Literature. Thyroid 11: 449–456.

Chavasit V, Malaivongse P, Judprasong K (2002). Study on Stability of Iodine in Iodated Salt by Use of Different Cooking Model Conditions. Journal of Food Composition and Analysis 15: 265–276.

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.

EFSA (2014). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for Iodine. *EFSA Journal*. 12: 3660. <https://www.efsa.europa.eu/de/efsajournal/pub/3660>.

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. <https://service.ble.de>.

Esche J, Thamm M, Remer T (2019). Contribution of Iodized Salt to Total Iodine and Total Salt Intake in Germany. *Eur J Nutr*. 59: 3163-3169.

Golsong N, Nowak N, Schweter A, Lindtner O (2017). KiESEL – die Kinder-Ernährungsstudie zur Erfassung des Lebensmittelverzehrs als Modul in KiGGS Welle 2. *Journal of Health Monitoring* 2: 29–37.

Habermann J, Jungermann A, Scriba PC (1978). Qualität und Stabilität von jodierten Speisesalzen. *Ernährungs Umschau* 25: 45–48.

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. <https://service.ble.de>.

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>.

Kaiho T (2014). *Iodine Chemistry and Applications*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Print ISBN: 9781118466292, Online ISBN: 9781118909911; DOI: 10.1002/9781118909911.

König F, Andersson M, Hotz K, Aeberli I, Zimmermann MB (2011). Ten Repeat Collections for Urinary Iodine from Spot Samples or 24-Hour Samples are Needed to Reliably Estimate Individual Iodine Status in Women. *J Nutr*. 141: 2049–2054.

Liu L, Li X, Wang H, Cao X, Ma W (2017). Reduction of Iodate in Iodated Salt to Iodide during Cooking with Iodine as Measured by an Improved HPLC/ICP-MS Method. *J Nutr Biochem*. 42: 95–100.

Mattes RD, Donnelly D (1991). Relative Contributions of Dietary Sodium Sources. *J Am Coll Nutr*. 10: 383–393.

Mensink GBM, Haftenberger M, Lage Barbosa C, Brettschneider AK, Lehmann F, Frank M, Heide K, Moosburger R, Patelakis E, Perlitz H (2020). EsKiMo II – Die Ernährungsstudie als KiGGS-Modul; Robert Koch-Institute (RKI). Förderkennzeichen 2814HS004. Projektzeitraum November 2014–Dezember 2019 (Erhebungszeitraum: Juni 2015–September 2017). https://edoc.rki.de/bitstream/handle/176904/6887/EsKiMoll_Projektbericht_2814HS004.pdf.

MRI. Bundeslebensmittelschlüssel 3.02, Max Rubner-Institut. <https://www.blbdb.de>.

MRI (2020). Modellszenarien für die Jodzufuhr in Deutschland. Bericht des Max Rubner-Institut (MRI). Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel. Institut für Ernährungsverhalten. Dr. Thorsten Heuer, Josa Ramünke, Carolin Schmidt, Bernd Hartmann. https://www.mri.bund.de/fileadmin/MRI/Institute/EV/Bericht_Jodzufuhr_2020_Homepage_final-doi.pdf.

Poul JM, Huet S, Godard T, Sanders P (2004). Lack of Genotoxicity of Potassium Iodate in the Alkaline Comet Assay and in the Cytokinesis-Block Micronucleus Test. Comparison to Potassium Bromate. *Food Chem Toxicol.* 42: 203–209.

Sarvan I, Bürgelt M, Lindtner O, Greiner M (2017). Dietary Exposure Assessment of Substances in Foods: The BfR MEAL Study – the First German Total Diet Study]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 60: 689–696.

SCF (2002). Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Iodine (expressed on 26 September 2002). https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa_rep/blobserver_assets/ndatolerableuil.pdf.

Schweter A, Parreidt N, Lähnwitz C, Ehlscheid N, Heinemeyer G, Greiner M, Lindtner O (2015). Kinder-Ernährungsstudie zur Erfassung des Lebensmittelverzehrs (KiESEL) – German Nutritional Survey on Children aged between 0.5 and 5 Years. *UMID 2. Umwelt und Mensch – Informationsdienst*, 57.

Singalavanija A, Ruangvaravate N, Dulayajinda D (2000). Potassium Iodate Toxic Retinopathy: A Report of Five Cases. *Retina* 20: 378–383.

Straßburg A (2010). Ernährungserhebungen. Methoden und Instrumente. *Ernährungs Umschau* 8: 422–430.

West CE, Merx R, de Koning F (1995). Effects of Iodized Salt on the Colour and Taste of Food. Report of a Study Carried out at the Request of Unicef, New York, under Contract No. PD/95/009. (Printed with permission from UNICEF HQ June 1995). <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.522.6467&rep=rep1&type=pdf>.

WHO (2004). Iodine Status Worldwide – WHO Global Database on Iodine Deficiency. <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43010/9241592001.pdf;jsessionid=A6CE86E0A877B165361854CE65F88FE3?sequence=1>.

WHO (2007). Assessment of the Iodine Deficiency Disorders and Monitoring their Elimination. 3rd Edition. WHO, UNICEF, ICCIDD. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43781/9789241595827_eng.pdf?sequence=1.

WHO (2014). Guideline: Fortification of Food-Grade Salt with Iodine for the Prevention and Control of Iodine Deficiency Disorders. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/136908>.

Wirth F, Kühne D (1991). Herstellung von jodierten Fleischerzeugnissen. *Fleischwirtschaft* 71: 1377–1384.

Zimmermann MB (2010). Symposium on 'Geographical and Geological Influences on Nutrition': Iodine Deficiency in Industrialised Countries. *Proc Nutr Soc.* 69: 133–143.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Jodaufnahmemengen von Jungen in Deutschland auf Basis der verschiedenen Erhebungen, Seite 9

Tabelle 2 Jodaufnahmemengen von Mädchen in Deutschland auf Basis der verschiedenen Erhebungen, Seite 10

Tabelle 3 Berechnete mediane Jodaufnahme aus Jodsalz aus mit Jodsalz hergestellten kommerziellen Lebensmitteln. Mit und ohne Verwendung von Jodsalz im Haushalt (HH). Auf Basis von EsKiMo II-MEAL und EsKiMo II-BLS, Seite 15

Tabelle 4 Gesamtsalz- und Gesamtjodzufuhr aus KiGGS 2 und daraus abgeleitete Anteile der Jodzufuhr aus Jodsalz (Esche und Remer, 2019), Seite 16

Tabelle 5 Zufuhrreferenzwerte für Jod (Schätzwerte, Adäquate Aufnahmen, Empfehlungen) und geschätzter Durchschnittsbedarf für Kinder und Jugendliche gemäß verschiedener Gremien, Seite 18

Tabelle 6 Anteil der Jungen und Mädchen mit einer Jodaufnahme unterhalb des EAR, Seite 20

Tabelle 7 Tolerierbare tägliche Jodaufnahmemengen für Kinder und Jugendliche, Seite 22

Tabelle 8 Jodaufnahme über Lebensmittel (LM) ohne und mit Verwendung von Jodsalz im Haushalt, Seite 23

Tabelle 9 Gesamtjodzufuhr, Jodzufuhr aus Salz, Jodzufuhr aus LM, Gesamtsalzzufuhr und Jodsalzzufuhr im Median, der P75 und der P95 sowie prozentualer Anteil von Jodsalz am Salzverzehr auf Basis von KiGGS 2 (Esche und Remer, 2019), Seite 27

Tabelle 10 Berechnung der salzbedingten Jodaufnahme in Abhängigkeit vom Jodgehalt im Salz im Median, der P75 und der P95 mit und ohne Berücksichtigung einer Reduktion des Salzverzehrs um 10 % anhand der Daten aus KiGGS 2, Seite 28

Tabelle 11 Medianer Salz- und Jodverzehr sowie Prävalenz des Risikos für eine unzureichende Versorgung der Mädchen unter gegenwärtigen Bedingungen (gemäß Hey und Thamm, 2019) und unter Berücksichtigung der Erhöhung des Jodgehaltes im Salz auf durchschnittlich 25 mg pro kg sowie einer Reduktion des Salzverzehrs um 10 % anhand der Daten aus KiGGS 2, Seite 29

Tabelle 12 Berechnung der möglichen Jodgesamtaufnahme in der P95 bei gegenwärtigem Salzverzehr und einem Jodhöchstgehalt von 30 mg Jod pro kg Salz anhand der Daten aus KiGGS 2, Seite 31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Anteil der Lebensmittelgruppen an der mittleren Jodaufnahme berechnet über
KiESEL-MEAL und EsKiMo II-MEAL (konventionell, UB, ohne Jodsalz im HH), Seite 11

Anhang

Gehaltsdaten

Die Jodgehaltsdaten der in der MEAL-Studie untersuchten Lebensmittel wurden bereits in der Anlage 1a der Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR aufgeführt.

Methodik der Expositionsschätzung

Für jedes teilnehmende Kind der KiESEL- sowie der EsKiMo II-Studie wurde die langfristige Verzehrmenge bestimmt, indem für jedes Lebensmittel der BfR-MEAL-Studie der mittlere Verzehr über alle Verzehrstage bestimmt wurde. Zur Expositionsschätzung wurde jedem dieser Verzehrereignisse, für welches eine Zuordnung möglich war, basierend auf dem jeweiligen Lebensmittelcode der Verzehrstudie 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. Da die MEAL-Lebensmittelliste nicht auf Basis der KiESEL oder EsKiMo II-Daten erstellt wurde, konnte manchem MEAL-Lebensmittel kein Verzehr zugeordnet werden. Auch gab es nicht für jedes Verzehrereignis ein passendes MEAL-Lebensmittel. Dennoch konnten durch die Zuordnung der MEAL-Pools insgesamt 94 % des durchschnittlichen Verzehrs basierend auf der KiESEL-Studie sowie 91 % des durchschnittlichen Verzehrs basierend auf der EsKiMo II-Studie abgedeckt werden.

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

Für die vorliegende Stellungnahme wurden die Jodgehalte ausschließlich nach konventioneller und biologischer Erzeugung stratifiziert ausgewertet. 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 ohne 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 jedem Verzehrer 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 jedem Verzehrer der mittlere Gehalt beider Saisons in der passenden Region zugeordnet.

Für Lebensmittel, die nicht nach Erzeugungsart stratifiziert wurden, wurde der jeweilige unstratifizierte Pool ausgewählt und anschließend nach demselben Schema ein anderer Pool substituiert.

Es wird somit sowohl bei allgemeiner Stratifizierung nach biologischer oder konventioneller Erzeugung in der aggregierten Expositionsschätzung der gleiche Wert zugeordnet, wenn für einen Pool keine Stratifizierung nach Erzeugungsart vorliegt (251 Lebensmittel). Daher resultieren Unterschiede in der Expositionsschätzung ausschließlich aus Unterschieden aus Lebensmitteln mit Stratifizierung in Erzeugungsart.

Die Expositionsschätzung wurde mittels der Software R durchgeführt.

In dem Hauptdokument wurde ausschließlich die Jodexposition über Produkte konventioneller Erzeugung betrachtet. Zum Vergleich sind die Ergebnisse der Exposition über biologisch erzeugte Produkte in den Tabellen 1, 3, 4, 5, 7 und 8 hier im Anhang aufgeführt.

KIESEL in Kombination mit der MEAL-Gehaltsdatenbank (KIESEL-MEAL)
Tabelle 1 KIESEL-MEAL: Jodaufnahme – nach Erzeugung *

	N	Konventionelle Erzeugung mLB (µg pro Tag)			Konventionelle Erzeugung UB (µg pro Tag)			Biologische Erzeugung mLB (µg pro Tag)			Biologische Erzeugung UB (µg pro Tag)		
		MW	P50	P95	MW	P50	P95	MW	P50	P95	MW	P50	P95
Gesamt	952	77,1	72,7	124,9	77,9	73,9	126,0	70,6	67,2	117,3	71,4	68,0	117,9
Weiblich	471	74,6	71,4	119,9	75,4	72,1	120,4	68,6	66,2	115,0	69,5	67,2	116,0
Männlich	481	79,5	74,2	126,2	80,3	75,3	126,6	72,4	68,1	119,6	73,4	68,9	120,9
0,5–2 Jahre	364	77,4	69,6	132,2	78,1	71,1	132,9	68,3	64,3	127,8	69,1	64,9	128,2
3–5^a Jahre	588	76,8	74,1	120,3	77,8	75,0	121,3	71,9	69,5	114,6	72,9	70,0	115,5

* Bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt.

^a Kinder, die während des Studienzeitraums das 6. Lebensjahr vollendeten, wurden ebenfalls den 5-Jährigen zugeordnet.

Tabelle 2 KIESEL-MEAL: Geschätzte Jodaufnahme bei Verwendung von jodiertem Salz im Haushalt für 3- bis 5-Jährige

	N	Konventionelle Erzeugung UB					
		MW µg pro Tag	P5 µg pro Tag	P25 µg pro Tag	P50 µg pro Tag	P75 µg pro Tag	P95 µg pro Tag
Gesamt	588	87,3	50,4	71,8	85,0	100,4	132,3
Weiblich	286	84,0	50,5	69,8	81,9	96,5	124,8
Männlich	302	90,4	50,5	72,9	87,5	103,9	133,6

Tabelle 3 KIESEL-MEAL: Anteil Individuen mit Jodaufnahme < EAR bzw. < RDA (%) – ohne und mit Verwendung von Jodsalz im Haushalt (20 mg Jod pro kg Salz)

	Ohne Jodsalz im Haushalt					Mit Jodsalz im Haushalt				
	N	Jodaufnahme < EAR (%)		Jodaufnahme < RDA (%)		N	Jodaufnahme < EAR (%)		Jodaufnahme < RDA (%)	
		Konventionell	Biologisch	Konventionell	Biologisch		Konventionell	Biologisch	Konventionell	Biologisch
Gesamt	952	32,7	40,6	70,8	77,9	588	19,1	23,2	60,0	67,4
Weiblich	471	35,1	43,4	72,1	78,3	286	20,8	27,4	65,0	73,8
Männlich	481	30,3	37,8	69,5	77,5	302	17,5	19,3	55,4	61,4
1–2 Jahre	308	40,7	50,9	74,8	89,1	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
3–5^a Jahre	588	31,6	39,1	74,8	79,6	588	19,1	23,2	60,0	67,4

^a Kinder, die während des Studienzeitraums das 6. Lebensjahr vollendeten wurden ebenfalls den 5-Jährigen zugeordnet.

n. d.: Für diese Altersgruppe sind keine Daten zum Jodsalzverzehr im Haushalt verfügbar.

Tabelle 4 KiESEL-MEAL: Jodaufnahme über Lebensmittelgruppen (nur Verzehrer) – nach Erzeugung *

Lebensmittelgruppe	Anzahl Verzehrer	Konventionelle Erzeugung UB (µg pro Tag)			Biologische Erzeugung UB (µg pro Tag)		
		MW (µg/d)	P50 (µg/d)	P95 (µg/d)	MW (µg/d)	P50 (µg/d)	P95 (µg/d)
01 Getreide und Produkte auf Getreidebasis	940	10,0	8,9	23,6	6,4	5,2	17,4
02 Gemüse und Gemüseprodukte	789	0,7	0,4	2,2	0,9	0,6	2,7
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse	723	0,9	0,7	2,4	1,3	0,5	5,9
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	202	0,1	0,1	0,6	0,1	0,1	0,4
05 Obst und Obstprodukte	906	1,6	1,2	4,3	2,3	1,8	5,9
06 Fleisch und Fleischprodukte	820	7,1	5,3	20,6	7,0	5,1	19,8
07 Fische und Meeresfrüchte	279	9,1	6,6	25,7	9,1	6,6	25,7
08 Milch und Milchprodukte	899	26,9	23,9	62,5	25,6	22,2	59,3
09 Eier und Eiprodukte	291	7,5	6,5	19,3	8,4	7,1	22,1
10 Zucker, Süßwaren und wasserbasierte süße Desserts	767	1,5	1,1	4,5	1,4	1,0	3,8
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	690	0,2	0,2	0,5	0,2	0,1	0,5
12 Obst- und Gemüsesäfte und -nektare	553	1,6	1,0	5,3	1,6	1,0	5,1
13 Wasser und wasserbasierte Getränke	942	5,9	4,7	13,8	5,9	4,7	13,8
14 Kaffee, Kakao, Tee	507	4,4	2,5	12,7	4,3	2,5	12,6
15 Alkoholische Getränke	10	0,3	0,2	0,5	0,3	0,2	0,5
16 Produkte für Säuglinge und Kleinkinder	274	30,5	12,2	113,6	21,6	6,5	81,9
17 Vegane/Vegetarische Produkte	48	0,9	0,1	5,8	0,9	0,1	5,8
18 Zusammengesetzte Gerichte	841	8,9	6,9	23,6	8,5	6,5	22,0
19 Gewürze, Soßen und Würzmittel	675	2,4	1,5	7,6	2,4	1,5	7,6

* Bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt.

EsKiMo II in Kombination mit der MEAL-Gehaltsdatenbank (EsKiMo II-MEAL)

Tabelle 5 EsKiMo II-MEAL: Jodaufnahme – nach Erzeugung (μg pro Tag) *

	N	Konventionelle Erzeugung mLB (μg pro Tag)			Konventionelle Erzeugung UB (μg pro Tag)			Biologische Erzeugung mLB (μg pro Tag)			Biologische Erzeugung UB (μg pro Tag)		
		MW	P50	P95	MW	P50	P95	MW	P50	P95	MW	P50	P95
Gesamt	1190	90,2	87,0	133,6	91,5	88,2	135,0	83,2	80,1	129,0	84,5	80,8	130,4
Weiblich	578	85,4	82,7	132,4	86,6	84,1	133,4	78,8	76,9	123,5	80,0	77,7	124,2
Männlich	612	94,7	91,4	139,1	96,0	93,4	141,5	87,5	84,1	133,6	88,8	86,1	134,9
6–8 Jahre	594	87,8	85,1	132,9	89,0	86,4	134,1	80,8	77,6	127,1	82,0	79,1	128,0
9–11 Jahre	596	92,6	89,4	137,0	93,9	91,9	138,1	85,7	82,8	130,1	87,1	84,5	131,1

* Bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt.

Tabelle 6 EsKiMo II-MEAL: Geschätzte Jodaufnahme bei Verwendung von jodiertem Salz im Haushalt

	N	Konventionelle Erzeugung UB					
		MW μg pro Tag	P5 μg pro Tag	P25 μg pro Tag	P50 μg pro Tag	P75 μg pro Tag	P95 μg pro Tag
Gesamt	1190	104,0	59,6	84,6	100,4	121,9	149,6
Weiblich 6–8 Jahre	289	92,8	48,9	75,5	91,5	109,4	136,2
Weiblich 9–11 Jahre	290	103,8	67,1	85,2	101,0	121,1	147,2
Männlich 6–8 Jahre	305	107,9	66,9	88,3	105,1	124,7	154,5
Männlich 9–11 Jahre	307	110,9	67,4	89,6	109,1	129,6	157,1

Tabelle 7 EsKiMo II-MEAL: Anteil Individuen mit Jodaufnahme < EAR bzw. < RDA (%) – ohne und mit Verwendung von Jodsalz (20 mg Jod pro kg Salz) im Haushalt

	Ohne Jodsalz im Haushalt					Mit Jodsalz im Haushalt				
	N	Jodaufnahme < EAR (%)		Jodaufnahme < RDA (%)		N	Jodaufnahme < EAR (%)		Jodaufnahme < RDA (%)	
		Konventionell	Biologisch	Konventionell	Biologisch		Konventionell	Biologisch	Konventionell	Biologisch
Gesamt	1190	21,3	28,6	69,5	77,4	1190	10,1	15,7	51,8	63,3
Weiblich	578	25,1	31,1	75,9	81,9	578	12,7	19,7	59,1	70,8
Männlich	612	17,8	26,3	63,5	73,1	612	7,6	11,9	44,9	56,2
6–8 Jahre	594	19,4	26,1	56,6	66,0	594	9,2	16,0	36,0	49,7
9–11 Jahre	596	23,3	31,1	82,4	88,7	596	11,0	15,4	67,5	76,9

Tabelle 8 EsKiMo II-MEAL: Jodaufnahme über Lebensmittelgruppen (nur Verzehrer) – nach Erzeugung *

Lebensmittelgruppe	Anzahl Verzehrer	Konventionelle Erzeugung UB (µg pro Tag)			Biologische Erzeugung UB (µg pro Tag)		
		MW (µg/d)	P50 (µg/d)	P95 (µg/d)	MW (µg/d)	P50 (µg/d)	P95 (µg/d)
01 Getreide und Produkte auf Getreidebasis	1190	14,9	13,6	31,0	9,0	7,6	20,6
02 Gemüse und Gemüseprodukte	1002	1,0	0,6	3,1	1,3	0,8	4,0
03 Stärkehaltige Wurzeln oder Knollen und Erzeugnisse	943	1,4	1,0	4,1	2,0	0,7	7,2
04 Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	240	0,2	0,1	0,8	0,2	0,1	0,6
05 Obst und Obstprodukte	1072	1,9	1,4	5,2	2,7	2,1	6,8
06 Fleisch und Fleischprodukte	1086	10,4	8,4	26,2	10,2	8,7	25,1
07 Fische und Meeresfrüchte	341	12,3	10,4	31,8	12,3	10,4	31,8
08 Milch und Milchprodukte	1169	28,9	26,8	61,4	27,0	24,8	56,5
09 Eier und Eiprodukte	368	9,9	7,9	20,7	11,2	8,5	23,5
10 Zucker, Süßwaren und wasserbasierte süße Desserts	1054	2,6	1,8	7,8	2,4	1,8	6,8
11 Tierische und pflanzliche Fette und Öle	932	0,3	0,2	0,8	0,3	0,2	0,7
12 Obst- und Gemüsesäfte und -nektare	668	1,7	1,0	5,0	1,6	1,0	4,8
13 Wasser und wasserbasierte Getränke	1166	7,2	6,0	17,1	7,2	6,0	17,1
14 Kaffee, Kakao, Tee	683	5,5	3,2	16,9	5,4	3,2	16,9
15 Alkoholische Getränke	17	0,8	0,7	1,5	0,8	0,7	1,5
16 Produkte für Säuglinge und Kleinkinder	8	12,5	0,6	48,6	10,1	0,6	35,0
17 Vegane/Vegetarische Produkte	38	0,7	0,2	3,4	0,7	0,2	3,1
18 Zusammengesetzte Gerichte	1107	12,9	10,6	31,5	12,3	10,0	31,3
19 Gewürze, Soßen und Würzmittel	922	3,6	2,4	11,5	3,6	2,4	11,5

* Bei Verwendung von unjodiertem Speisesalz im Haushalt.