

5. August 2026

Verbindliche Jod-Höchstgehalte in Algen können helfen, gesundheitlich bedenkliche Aufnahmemengen zu verringern

In Kürze

- Von den weltweit rund 10.000 Algenarten werden ca. 145 als Lebensmittel genutzt, vorwiegend in asiatischen Ländern wie Japan, Korea und China. Seit einiger Zeit nehmen auch in Europa und in Deutschland die Produktion und der Konsum von Algen und Algenprodukten zu.
- Meeresalgen gelten als nährstoffreiche Lebensmittel; sie enthalten Ballaststoffe, bioaktive Verbindungen sowie relevante Mengen an Vitaminen und Mineralstoffen. Gleichzeitig werden sie als nachhaltige Ressource betrachtet, da ihr Anbau keine landwirtschaftlichen Flächen oder Süßwasser erfordert.
- Allerdings enthalten Algen zum Teil sehr hohe Mengen an Jod. Der Jodgehalt schwankt in Abhängigkeit von z. B. Algenart, Jahreszeit, Anbauweise oder Verarbeitung. Durch den Verzehr sehr jodhaltiger Algen können die Aufnahmemengen dieses Mikronährstoffes zum Teil so hoch sein, dass sie gesundheitliche Risiken mit sich bringen, vor allem für empfindliche Bevölkerungsgruppen wie Schwangere, Stillende und Personen mit Schilddrüsenerkrankungen oder eingeschränkter Nierenfunktion.

Über die Einführung von Höchstgehalten lassen sich nach Ansicht des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) die akuten gesundheitlichen Risiken des Verzehrs von Algen(-produkten) für Verbraucherinnen und Verbraucher reduzieren, da dadurch mögliche sehr hohe akute Einzelaufnahmemengen („Expositionsspitzen“) begrenzt werden können. Der diskutierte Höchstgehalt von 1 Gramm Jod pro Kilogramm Trockenmasse Algen würde aber nicht ausreichen, um bei regelmäßigem chronischem Konsum bei allen Verzehrenden von Algen und Algenprodukten eine gesundheitlich unbedenkliche Jodzufuhr sicherzustellen.

Um die Bevölkerung dennoch vor zu hohen Jodaufnahmen aus Algen zu schützen, empfiehlt das BfR auf verzehrfertigen Algen und algenhaltigen Produkten eine Kennzeichnung des Jodgehalts zusammen mit Verzehrempfehlungen sowie ergänzende Warnhinweise (zum Schutz von empfindlichen Personen).

1 Gegenstand der Bewertung

Auf EU-Ebene wird zurzeit ein Verordnungsentwurf diskutiert, der die Festlegung eines Höchstgehalts von 1 Gramm (g) Jod pro Kilogramm (kg) Trockenmasse für Algen als Lebensmittel und für algenhaltige Lebensmittel vorsieht. In der vorliegenden Stellungnahme hat das BfR geprüft, ob ein entsprechender Höchstgehalt geeignet ist, das gesundheitliche Risiko für Verbraucherinnen und Verbraucher durch hohe Jodaufnahmen zu reduzieren. Bei der Bewertung wurden insbesondere Einflussfaktoren wie unterschiedliche Algenarten, Ernteorte, Verarbeitungsprozesse sowie die Verzehrsgewohnheiten der Bevölkerung und vulnerabler Bevölkerungsgruppen berücksichtigt, sofern diese für die gesundheitliche Bewertung relevant sind.

Das BfR sowie die Vorgängereinrichtungen – das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) und das Bundesgesundheitsamt (BGA) – hatten bereits in Stellungnahmen^{1,2,3} auf mögliche gesundheitliche Risiken durch hohe Jodaufnahmen aus bestimmten Algenprodukten hingewiesen und für jodreiche Algenerzeugnisse einen Höchstgehalt in Höhe von 20 Milligramm (mg) Jod/kg im Trockengewicht der Algen sowie entsprechende Warnhinweise empfohlen.

Vor diesem Hintergrund erfolgt die erneute Bewertung unter Berücksichtigung aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse und angesichts der derzeitigen Diskussion über regulatorische Maßnahmen auf europäischer Ebene.

2 Ergebnis

Zur Beantwortung der Frage, ob der auf EU-Ebene diskutierte Höchstgehalt für Jod in Algen geeignet ist, das gesundheitliche Risiko für Verbraucherinnen und Verbraucher durch hohe Jodaufnahmen zu reduzieren, wurde vom BfR eine aktuelle Expositionsschätzung durchgeführt. Diese basiert auf Daten aus einer gezielten Verzehrbefragung von Verzehrerinnen und Verzehrer algenhaltiger Lebensmittel (September bis Oktober 2025) und berücksichtigt sowohl die derzeitige Situation ohne Höchstgehaltregelung als auch ein Szenario mit einem Höchstgehalt von 1 g Jod/kg Trockenmasse in Algen und algenhaltigen Produkten.

Die Expositionsschätzung des BfR zeigt, dass der diskutierte Höchstgehalt von 1 g Jod/kg Trockenmasse geeignet ist, sehr hohe Jodgehalte einzelner Algen zu begrenzen – und damit akute Risiken für die Gesundheit durch den Verzehr von Algen/-produkten zu reduzieren.

Mit Bezug auf einen regelmäßigen chronischen Verzehr und dadurch bedingte langfristige Jodaufnahme aus Algen/-produkten würde der Höchstgehalt jedoch nicht ausreichen, um bei

¹ BfR (2007). Gesundheitliche Risiken durch zu hohen Jodgehalt in Algen. Stellungnahme Nr. 026/2007 des BfR vom 12. Juni 2007. https://www.bfr.bund.de/cm/343/gesundheitliche_risiken_durch_zu_hohen_jodgehalt_in_getrockneten_algen.pdf

² BgVV (2001). Getrockneter Seetang und getrocknete Algenblätter mit überhöhten Jodgehalten. Stellungnahme des BgVV vom 3. Januar 2001. https://www.bfr.bund.de/cm/343/getrockneter_seetang_und_getrocknete_algenblaetter_mit_ueberhoehten_jodgehalten.pdf

³ BGA, 1989. Bundesgesundheitsamt: Monographie: Iod. Bundesanzeiger 236, 5766-5767 zit. in: BfR (2007).

allen Verzehrenden von Algen und Algenprodukten eine gesundheitlich unbedenkliche Zufuhr unterhalb des von der *European Food Safety Authority* (EFSA) für Erwachsene abgeleiteten tolerierbaren oberen Aufnahmewertes (*Tolerable Upper Intake Level*, UL) von 600 Mikrogramm (µg)/Tag sicherzustellen. Insbesondere im oberen Expositionsbereich (P90–P95) der Personen, die Algen/-produkte verzehren, würden auch bei Einhaltung der zurzeit diskutierten Höchstgehalte weiterhin Überschreitungen des UL auftreten.

Vor dem Hintergrund eines wachsenden Marktes für Algen und algenhaltige Produkte ist zudem davon auszugehen, dass die Zahl der Verzehrenden sowie der Anteil von Vielverzehrenden von solchen Produkten zunimmt – und damit in der Bevölkerung ein signifikanter Anstieg der Jodzufuhr einhergehen könnte.

Gleichzeitig zeigen die hier berechneten Algenverzehr-Szenarien, dass ein Höchstgehalt trotz seines begrenzten Einflusses auf die chronische Jodaufnahme eine relevante Wirkung auf die Reduktion sehr hoher Einzelaufnahmen („Expositionsspitzen“), also des akuten Verzehrs, haben kann. Dies zeigt sich beispielsweise in deutlichen Reduktionen portionsbezogener Jodaufnahmen einzelner Lebensmittelgruppen, etwa bei Misosuppe beziehungsweise Ramensuppe oder algenhaltigen Snacks, um mehr als die Hälfte beziehungsweise auf etwa ein Drittel.

Aus Sicht der Risikobewertung ist dies von Bedeutung, da auch gelegentlich auftretende, sehr hohe akute Jodaufnahmen im Milligrammbereich gesundheitlich relevant sein können. Insbesondere bei empfindlichen Bevölkerungsgruppen können solche Expositionsspitzen unerwünschte Effekte auf die Schilddrüsenfunktion auslösen. Unter anderem besteht bei Personen mit bereits vorliegenden autonomen („heißen“) Knoten ein erhöhtes Risiko für eine akute jodinduzierte Schilddrüsenüberfunktion (Hyperthyreose), die zum Teil lebensbedrohlich sein kann (Thyreotoxische Krise). Beim ungeborenen Kind besteht durch akut exzessiv hohe Jodzufuhren der werdenden Mutter das Risiko, eine länger anhaltende Schilddrüsenunterfunktion (Hypothyreose) zu entwickeln.

Vor diesem Hintergrund ist der auf EU-Ebene diskutierte Höchstgehalt von 1 g Jod/kg Trockenmasse in Algen/-produkten trotz seiner begrenzten Wirkung auf die chronische Gesamtaufnahme als eine wesentliche Maßnahme zur Risikominderung unerwünscht hoher akuter Jodzufuhren aus Algen/-produkten zu bewerten.

Um Verbraucherinnen und Verbraucher aber auch langfristig ausreichend vor zu hohen Jodaufnahmen aus Algen/-produkten zu schützen, empfiehlt das BfR auf verzehfertigen Algen und algenhaltigen Produkten eine Kennzeichnung des Jodgehalts zusammen mit Verzehrempfehlungen sowie ergänzende Warnhinweise (zum Schutz von empfindlichen Personen). Auch bei lose abgegebenen Algen/-produkten wird empfohlen, derartige Hinweise möglichst in schriftlicher Form (z. B. auf Schildern) aufzuführen.

An dieser Stelle sei außerdem darauf hingewiesen, dass es anhand der vorliegenden Daten, insbesondere zu den in verarbeiteten Lebensmitteln enthaltenen Algengehalten nicht möglich war, einen Höchstgehalt zu identifizieren, der geeignet wäre, eine gesundheitlich unbedenkliche Jodzufuhr durch Algen/-produkte in jedem Fall sicherzustellen. Der zuletzt vom BfR in der Stellungnahme Nr. 026/2007 vom 12. Juni 2007 empfohlene Grenzwert von 0,02 g Jod/kg Trockengewicht (BfR, 2007) ist dafür nicht geeignet und wird seitens des BfR nicht weiter unterstützt, u. a. weil er in der Praxis nicht umsetzbar wäre, da selbst die mittleren Jodgehalte in Algen generell über diesem Wert liegen.

3 Begründung

3.1 Risikobewertung

3.1.1 Algen als Quelle erhöhter Jodaufnahmen

3.1.1.1 Verwendung als Lebensmittel

Die Verwendung von Meeresalgen als Lebensmittel und Lebensmittelzutat hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen, was sowohl auf ihr ernährungsphysiologisches Potenzial als auch auf das steigende Interesse an nachhaltigen Rohstoffen zurückzuführen ist.

Meeresalgen (Seetang) werden traditionell insbesondere in asiatischen Ländern seit Langem verzehrt, haben jedoch inzwischen auch auf dem europäischen und deutschen Markt an Bedeutung gewonnen (EFSA, 2023). Diese Entwicklung wird unter anderem durch die zunehmende Verbreitung internationaler Küchen, insbesondere der japanischen, sowie durch den Trend zu gesundheitsorientierten und pflanzenbasierten Ernährungsweisen begünstigt (ANSES, 2018; FAO, 2021).

Weltweit existieren über 10.000 Algenarten, von denen etwa 145 als Lebensmittel genutzt werden, vorwiegend in Ländern wie Japan, Korea und China (Fleurence et al., 2012). In Europa war die Nutzung lange Zeit begrenzt; jedoch ist in den letzten Jahren ein deutlicher Anstieg sowohl der Produktion als auch des Konsums zu verzeichnen (FAO, 2018).

Meeresalgen gelten als nährstoffreiche Lebensmittel und enthalten neben Ballaststoffen und bioaktiven Verbindungen auch relevante Mengen an Vitaminen und Mineralstoffen (FAO, 2021). Gleichzeitig werden sie als nachhaltige Ressource betrachtet, da ihr Anbau keine landwirtschaftlichen Flächen oder Süßwasser erfordert und somit im Kontext von Ernährungssicherheit zunehmend an Bedeutung gewinnt (FAO, 2018).

Meeresalgen werden sowohl direkt als Lebensmittel als auch als Lebensmittelzutaten verwendet. Der direkte Verzehr erfolgt in unterschiedlichen Darreichungsformen, darunter als getrocknete Blätter, Streifen oder Flocken (z. B. Nori), rehydrierte Produkte wie Algensalate (z. B. Wakame) sowie als Suppeneinlagen. Darüber hinaus werden sie in verarbeiteten Lebensmitteln wie Snacks, Nudeln, Suppen oder Gewürzmischungen sowie in Nahrungsergänzungsmitteln eingesetzt (EFSA, 2023; FAO, 2021). Indirekt finden auch aus Algen gewonnene Hydrocolloide wie Agar, Alginat und Carrageen breite Anwendung als Gelier- und Verdickungsmittel in zahlreichen Lebensmitteln (Leandro et al., 2020).

Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) veröffentlichte im Rahmen der Arbeit an den „Stofflisten des Bundes und der Länder“ im Jahr 2024 eine eigenständige Liste zu Algen („Algenliste“), die regelmäßig aktualisiert wird (zuletzt 2. Auflage, Stand März 2026). Diese Liste umfasst zahlreiche Algenarten, die als Lebensmittel oder Lebensmittelzutaten verwendet werden (können). Die gelisteten Arten spiegeln die im europäischen Markt relevanten essbaren Algen wider und sind überwiegend den Gruppen der Braun-, Rot- und Grünalgen zuzuordnen; die angegebenen Spannweiten der Jodgehalte verdeutlichen die Variabilität zwischen und innerhalb der Arten (Tab. 1).

Tab. 1: Ausgewählte essbare Meeresalgenarten mit Angaben zu Verzehrformen, gemäß der Algenliste der **Stofflisten des Bundes und der Länder** (BVL, 2026a) sowie Jodgehalte (Spannweiten aus wiss. Publikationen^{b)}) in mg/kg Trockenmasse (TM)

Algengruppe	Wissenschaftlicher Name ⁴	Handelsname(n)	Vermarktung und Verzehrform	Jodgehalt (mg/kg TM)
Braunalgen (<i>Phaeophyceae</i>)	<i>Saccharina japonica</i>	Kombu ^a , Kelp	Getrocknete Algen (Blätter/Streifen) zur Herstellung von Brühen (z. B. Dashi); Zutat in Suppen; Zutat in verschiedenen Algenprodukten	1.500–8.000
	<i>Saccharina latissima</i>	Zuckertang (Sugar kelp), Kelp, Kombu ^a	Getrocknete Algen (Blätter/Streifen) für Brühen und Suppen; Zutat in Algenprodukten (z. B. Salate); vereinzelt als Pulver/Flocken (Gewürz)	1.000–5.000
	<i>Laminaria digitata</i>	Fingertang, Kelp, Atlantic kombu ^a	Getrocknete Algen (Blätter/Streifen) für Brühen und Suppen; vereinzelt als Pulver/Flocken (Gewürz)	2000–10.000
	<i>Undaria pinnatifida</i>	Wakame	Getrocknet oder rehydriert: Algensalate, Zutat in Suppen (z. B. Miso), Bestandteil asiatischer Fertiggerichte	50–1.500
	<i>Himanthalia elongata</i>	Meeresspagetti	Salate, Nudelgerichte, Suppeneinlage	50–600
	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Knotentang	Getrocknet als Nahrungsergänzung (z. B. Pulver, Kapseln), als Gewürz	150–1.800
	<i>Fucus vesiculosus</i>	Blasentang	Getrocknet als Nahrungsergänzung (z. B. Pulver, Kapseln)	200–900
Rotalgen (<i>Rhodophyta</i>)	<i>Pyropia spp.</i>	Nori	Getrocknet (Blätter): Verwendung als Sushi-Zutat (Nori), Snacks; Zutat in Suppen und Reisgerichten	10–400
	<i>Palmaria palmata</i>	Dulse	Getrocknet oder frisch: Verwendung in Salaten, Suppen und als Snack	50–1000
	<i>Chondrus crispus</i>	Irish moss	Rohstoff für Verdickungsmittel (Carrageen), selten direkt verzehrt	50–500
	<i>Gracilaria spp.</i>	Agar-Algen	Rohstoff für Geliermittel (Agar)	100–1.000
	<i>Gelidium spp.</i>	Agar-Algen	Rohstoff für Geliermittel (Agar)	100–300
Grünalgen (<i>Chlorophyta</i>)	<i>Ulva lactuca</i>	Meersalat, Meerlattich	Frisch oder getrocknet: in Salaten und als Zutat in versch. Gerichten	50–300
	<i>Ulva intestinalis</i>	Meersalat, Meerlattich	Frisch oder getrocknet: in Salaten und als Zutat in versch. Gerichten	50–300

⁴ Synonyme Namensbezeichnungen finden sich in der „Algenliste“ unter: https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Berichte/08_Stoffliste_Bund_Bundeslaender/Algenliste_2_Auflage_Maerz_2026.html?nn=693066 sowie in der Algen-Datenbank unter <https://www.algaebase.org>, beide zuletzt aufgerufen am: 03.08.2026.

^a Der Begriff „Kombu“ bezeichnet keine taxonomische Algenart, sondern einen Sammelbegriff für verschiedene jodreiche Braunalgen, insbesondere Arten der Gattungen *Laminaria* bzw. *Saccharina*, die traditionell in der japanischen Küche verwendet werden; alle Kombu-Arten gehören zu den Braunalgen mit sehr hohem Jodgehalt, wobei der Jodgehalt je nach Art und Herkunft stark schwankt.

^b Literaturquellen: (Aakre et al., 2020; ANSES, 2018; Blikra et al., 2022; EFSA, 2023; Nielsen et al., 2020; Stévant et al., 2018)

3.1.1.2 Definition und Klassifikation von Algen

Algen sind photosynthetisch aktive Organismen, die überwiegend in aquatischen und feuchten Lebensräumen vorkommen und aufgrund ihrer großen Vielfalt unterschiedlichen systematischen Gruppen zugeordnet werden, sodass sie kein einheitliches biologisches Reich bilden (FAO, 2021; Pereira, 2021).

Algen reichen von mikroskopisch kleinen, meist einzelligen Formen (Mikroalgen) bis hin zu mehreren Metern großen, vielzelligen Organismen (Makroalgen). Mikroalgen wie *Chlorella* und *Arthrospira* (*Spirulina*) werden unter anderem in Lebensmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln eingesetzt (Torres-Tiji et al., 2020; Wells et al., 2017). Makroalgen, umgangssprachlich häufig als Seetang bezeichnet, sind überwiegend marine Organismen und werden anhand der Pigmentzusammensetzung in Braunalgen (*Phaeophyceae*), Rotalgen (*Rhodophyta*) und Grünalgen (*Chlorophyta*) unterteilt (Leandro et al., 2020).

Während Rot- und Grünalgen dem Pflanzenreich (*Plantae*) zugeordnet werden, gehören Braunalgen zu den Stramenopilen innerhalb der *Chromista* und unterscheiden sich taxonomisch deutlich von den beiden anderen Gruppen (Pereira, 2021). Im allgemeinen Sprachgebrauch wird der Begriff „Algen“ häufig synonym für Makroalgen verwendet, ist wissenschaftlich jedoch weiter gefasst.

3.1.1.3 Fähigkeit zur Jodanreicherung

Meeresalgen besitzen die Fähigkeit, Jod aus dem Meerwasser anzureichern. Trotz vergleichsweise geringer Jodkonzentrationen im Meerwasser (etwa 50–60 µg/l) können sie Jod – überwiegend in Form von Jodid (I^-), teilweise aber auch als Jodat (IO_3^-) – aktiv aufnehmen und auf ein Vielfaches der Umgebungswerte anreichern, teilweise bis zum 30.000-fachen (Küpper et al., 2008; Smyth, 2021).

Die Mechanismen der Jodakkumulation sind insbesondere für Braunalgen der Ordnung *Laminariales* gut untersucht. Jodid wird dabei im Zellwandbereich (Apoplast) enzymatisch oxidiert, wodurch ungeladene Jodspezies entstehen, die die Zellmembran leichter passieren können. Nach dem Eintritt in die Zelle erfolgt eine Reduktion zurück zu Jodid, während ein erheblicher Anteil im Apoplasten akkumuliert (Küpper et al., 2008; Leblanc et al., 2006). Es wird angenommen, dass Jodid eine funktionelle Rolle im Schutz vor oxidativem Stress erfüllt, indem es als anorganisches Antioxidans reaktive Sauerstoffspezies sowie Ozon neutralisiert (Küpper et al., 2008; Smyth, 2021).

Für Rot- und Grünalgen sind die Mechanismen der Jodaufnahme bislang weniger gut untersucht, was vermutlich mit ihren insgesamt geringeren Jodgehalten zusammenhängt (Smyth, 2021).

3.1.1.4 Variabilität der Jodgehalte und Einflussfaktoren

Die Jodgehalte in Meeresalgen unterliegen einer ausgeprägten Variabilität sowohl zwischen als auch innerhalb von Arten und werden durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Zu den wichtigsten Determinanten zählen die Algenart, das geografische Herkunftsgebiet, Umweltbedingungen (z. B. Saison, Salzgehalt), das Entwicklungsstadium sowie der verwendete Pflanzenteil. Dabei weisen Braunalgen (*Phaeophyceae*), insbesondere Vertreter der Gattungen *Laminaria* und *Saccharina* in der Regel die höchsten Jodgehalte auf. Rotalgen (*Rhodophyta*), wie *Porphyra/Pyropia*, enthalten meist deutlich geringere Mengen, während Grünalgen (*Chlorophyta*), z. B. Ulva-Arten, überwiegend geringe Jodgehalte aufweisen (ANSES, 2018; EFSA, 2023; Teas et al., 2004).

Neben der Algenart wird der Jodgehalt maßgeblich durch das geografische Herkunftsgebiet und die Umweltbedingungen bestimmt. Untersuchungen zeigen, dass Algen aus unterschiedlichen Regionen – selbst innerhalb derselben Art – stark variierende Jodgehalte aufweisen können, was unter anderem auf Unterschiede in der Jodverfügbarkeit im Meerwasser, Temperatur, Lichtintensität und hydrodynamische Bedingungen zurückzuführen ist (EFSA, 2023; Küpper et al., 2008; Leblanc et al., 2006; Schiener et al., 2015). Die Jodaufnahme kann durch die Entfernung zur Küste, die Nährstoffdichte und Durchmischung der Gewässer, sowie durch den Salzgehalt, der die chemischen Eigenschaften und Bioverfügbarkeit von Jod im Wasser mitbestimmt, beeinflusst werden (Blikra et al., 2022; Küpper et al., 2008).

Auch saisonale Effekte können eine Rolle spielen: Der Jodgehalt kann im Jahresverlauf erheblich schwanken, da Wachstum, Stoffwechselaktivität und Umweltstress (z. B. Licht- und Temperaturverhältnisse) variieren (Nitschke and Stengel, 2015; Schiener et al., 2015). Für verschiedene Braunalgenarten wurden teils höhere Jodgehalte in bestimmten Wachstumsphasen oder Jahreszeiten beobachtet (Nielsen et al., 2020). Auch Faktoren wie Entwicklungsstadium und verwendeter Pflanzenteil beeinflussen die Jodgehalte, da das Jod innerhalb der Alge ungleich verteilt ist und zwischen verschiedenen Geweben variieren kann (Leblanc et al., 2006; Nitschke and Stengel, 2015). Insgesamt führen alle diese Faktoren zu einer erheblichen Variabilität der Jodgehalte, selbst innerhalb einer einzelnen Alge sowie innerhalb einer Art und eines Produktionsgebiets.

Zusätzlich haben technologische Verarbeitungsschritte sowie haushaltsübliche Zubereitungsprozesse einen erheblichen Einfluss auf den Jodgehalt von Algenprodukten. Insbesondere wasserbasierte Prozesse wie Einweichen, Rehydrierung, Blanchieren oder Kochen können zu deutlichen Reduktionen des Jodgehalts führen, da Jod überwiegend in wasserlöslicher Form (Jodid) vorliegt (Blikra et al., 2022; Bouga and Combet, 2015). Untersuchungen an Braunalgen, insbesondere an *Saccharina latissima*, zeigen, dass durch Einweichen und Kochen – abhängig von den Prozessbedingungen – eine Abnahme des Jodgehalts um bis zu 80–90 % auftreten kann (Nitschke and Stengel, 2016; Stévant et al., 2018). Bereits während der Rehydrierung können signifikante Anteile des Jods in das Einweichwasser übergehen, während thermische Prozesse diesen Effekt weiter verstärken können (Dawczynski et al., 2007; Mouritsen et al., 2012).

Insgesamt zeigen die Daten, dass die Verarbeitung und Zubereitung von Algen/-produkten zwar eine relevante Reduktion des Jodgehalts bewirken kann, diese jedoch nicht zuverlässig vorhersagbar ist und stark vom jeweiligen Verarbeitungsszenario abhängt, wodurch die

Exposition gegenüber Jod aus Algenprodukten schwer quantifizierbar bleibt (Bouga and Combet, 2015; Nielsen et al., 2020; Stévant et al., 2018).

3.1.1.5 Bioverfügbarkeit von Jod aus Algen

Für die Abschätzung der Jodaufnahme aus Meeresalgen ist neben dem Gesamtjodgehalt auch die Bioverfügbarkeit des enthaltenen Jods von Bedeutung. Daten zur Bioverfügbarkeit von Jod aus Braunalgen wurden in einer aktuellen systematischen Übersichtsarbeit von Blikra et al. (2022) umfassend zusammengefasst. Die Bioverfügbarkeit von Jod aus Makroalgen wird insgesamt als mittel bis hoch eingestuft, unterliegt jedoch erheblichen Schwankungen in Abhängigkeit von Algenart, Matrix und Zubereitung (Blikra et al., 2022).

Die vorliegenden Humanstudien, die im Vergleich zu *in-vitro*-Versuchen als besonders aussagekräftig gelten, zeigen Aufnahmeraten für Jod aus Algen im Bereich von etwa 30 % bis 90 %, wobei insbesondere Braunalgen eine vergleichsweise hohe systemische Verfügbarkeit aufweisen können. Beispielsweise berichten Humanstudien für verschiedene Algenarten über Jodaufnahmen von etwa 31–46 % für *Ascophyllum nodosum* (Andersen et al., 2019; Combet et al., 2014) und bis zu 90 % für *Laminaria hyperborea* (Aquaron et al., 2002). Auch weitere Studien zeigen hohe Jodaufnahmen von etwa 57–71 % für *Saccharina japonica* (Miyai et al., 2008) und rund 60 % für *Alaria esculenta* (Teas et al., 2007).

Eine neuere randomisierte Crossover-Studie von Aakre et al. (2023) zeigte, dass Jod aus einer Mahlzeit mit Sushi und Wakame in relevantem Umfang bioverfügbar ist, jedoch etwas geringer als aus einem Supplement mit Kaliumjodid. Die anhand der Jodausscheidung im Urin bestimmte Bioverfügbarkeit lag innerhalb der ersten 24 Stunden bei etwa 75 % für die Algenmahlzeit gegenüber 97 % für das Supplement (Aakre et al., 2023).

Insgesamt weisen die Daten darauf hin, dass Jod aus Algen grundsätzlich in relevantem Maß bioverfügbar ist, jedoch eine erhebliche Variabilität besteht.

3.1.2 Gefährdungspotential einer übermäßigen Jodaufnahme

Jod ist ein essenzielles Spurenelement und unverzichtbarer Bestandteil der Schilddrüsenhormone Thyroxin und Trijodthyronin. Diese Hormone sind entscheidend für die normale Funktion der Schilddrüse und wirken über die Regulation der Genexpression in nahezu allen Geweben. Sie steuern zentrale physiologische Prozesse, insbesondere Wachstum und Entwicklung, die neuronale Differenzierung sowie den Energiestoffwechsel (Laurberg et al., 2010). Sowohl eine unzureichende als auch eine übermäßige Jodzufuhr können zu Störungen der Schilddrüsenfunktion führen.

Mit Blick auf Jod besteht das gesundheitliche Risiko beim Verzehr von Algen insbesondere in einer zu hohen Aufnahme an Jod. Daher werden im Folgenden nur die gesundheitlichen Risiken einer zu hohen Aufnahme an Jod genauer ausgeführt.

Eine übermäßige Jodzufuhr führt nicht grundsätzlich zu einer Schilddrüsenfehlfunktion, da eine gesunde Schilddrüse in der Lage ist, hohe Jodmengen homöostatisch zu regulieren und sich an eine erhöhte Zufuhr anzupassen (Braverman and Pearce, 2025; Farebrother et al., 2019; Sohn et al., 2024).

3.1.2.1 Jodinduzierte Hyperthyreose (Schilddrüsenüberfunktion)

Eine jodinduzierte Hyperthyreose kann aber auftreten, wenn die Regulationsmechanismen der Schilddrüse versagen bzw. wenn autonome Schilddrüsenanteile vorliegen. Besonders

gefährdet sind Personen mit funktioneller Autonomie der Schilddrüse (BfR, 2004; Zimmermann, 2014).

Bei chronischem Jodmangel kommt es häufig als Anpassungsreaktion zur Vergrößerung der Schilddrüse (Struma), die sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen auftreten kann (Andersson and Herter-Aeberli, 2019; WHO, 2007). Lang bestehende Strumen können zur Entwicklung autonomer („heißer“) Knoten führen, die unabhängig vom physiologischen Bedarf Schilddrüsenhormone produzieren (BfR, 2004; Zimmermann, 2014). In solchen Fällen wird überschüssiges Jod von autonomem Schilddrüsengewebe unkontrolliert zur Hormonproduktion genutzt und kann eine Hyperthyreose begünstigen. Da Deutschland bis in die 1980er Jahre von einem Jodmangel betroffen war, kann insbesondere bei älteren Personen eine funktionelle Autonomie vorliegen. Auch bei einer latenten Autonomie (erniedrigte Gehalte des Thyreoidea-stimulierenden Hormons (TSH), aber ansonsten euthyreote Stoffwechsellaage) können hohe Jodzufuhren eine klinisch relevante Hyperthyreose auslösen (Holzapfel et al., 2000). Dabei kann in diesem Fall eine Schilddrüsenautonomie oft unerkannt vorliegen (Hoc, 2003).

Auch bei Personen mit Morbus Basedow, einer Autoimmunerkrankung der Schilddrüse, die mit einer Hyperthyreose einhergeht, kann eine erhöhte Jodaufnahme zusätzlich zur bestehenden Erkrankung eine bestehende Hyperthyreose verstärken (Leung and Braverman, 2014).

Darüber hinaus ist auch bei Personen mit vergrößerter Schilddrüse (Struma), die ansonsten eine euthyreote Stoffwechsellaage aufweisen, eine jodinduzierte Hyperthyreose beobachtet worden, was darauf hindeutet, dass die homöostatische Kontrolle nicht in jedem Fall gänzlich normal funktioniert (Sohn et al., 2024; Vagenakis et al., 1972).

Die Symptome einer jodinduzierten Hyperthyreose (wie z. B. Herzrasen, Zittern, Schwitzen, Nervosität) sind fast immer vorübergehend (Zimmermann, 2014). Eine jodinduzierte Hyperthyreose kann aber gefährlich sein und im schlimmsten Fall zu einer thyreotoxischen Krise – eine lebensbedrohliche Stoffwechselentgleisung – führen, insbesondere wenn diese vor dem Hintergrund einer bestehenden Herzerkrankung auftritt (Milkau and Sayk, 2018; Zimmermann, 2014).

3.1.2.2 Jodinduzierte Hypothyreose (Schilddrüsenunterfunktion)

Neben der jodinduzierten Hyperthyreose kann nach hoher Jodexposition auch eine jodinduzierte Hypothyreose auftreten. Dies geschieht über den sogenannten Wolff-Chaikoff-Effekt, bei dem es nach akuter, exzessiver Jodaufnahme zu einer vorübergehenden Hemmung der Schilddrüsenhormonsynthese kommt (Burgi, 2010). Dieser Mechanismus dient als Schutz vor einer überschießenden Hormonproduktion. Durch eine nachfolgende Herunterregulierung des Natrium-Jodid-Symporters (NIS) innerhalb weniger Tage (wodurch der Jodgehalt in der Schilddrüse wieder unter die kritische Hemmschwelle sinkt) entkommt die Schilddrüse diesem Effekt wieder („Escape“), sodass die normale Hormonsynthese fortgesetzt werden kann (Burgi, 2010; Pearce et al., 2016).

Während dieser Mechanismus normalerweise vorübergehend ist, kann bei bestimmten Prädispositionen die Blockade bestehen bleiben, d. h. der *Escape*-Mechanismus ist gestört, wodurch eine länger anhaltende jodinduzierte Hypothyreose entstehen kann (Burgi, 2010). Das Risiko hierfür ist u. a. bei Personen mit einer Hashimoto-Thyreoiditis erhöht (Burgi, 2010).

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

Auch in der Stillzeit kann eine exzessive Jodzufuhr durch die Mutter relevant sein, da Jod über den Natrium-Jodid-Symporter (NIS) aktiv in die laktierende Brustdrüse aufgenommen wird, dort akkumuliert und in größeren Mengen in die Muttermilch abgegeben wird. Die Expression von NIS in der Brustdrüse wird am Ende der Schwangerschaft und während der Stillzeit hochreguliert (Andersson and Braegger, 2022). Gestillte Säuglinge können dadurch bei hoher Jodzufuhr der Mutter gegenüber höheren Jodmengen exponiert sein und aufgrund des Wolff-Chaikoff-Effekts eine meist transiente Hypothyreose entwickeln (Andersson and Braegger, 2022).

Da Jod hauptsächlich über die Nieren ausgeschieden wird, sind auch Personen mit eingeschränkter Nierenfunktion bei sehr hoher Jodzufuhr einer erhöhten systemischen Exposition ausgesetzt, die zu einem verzögerten „Escape“ aus dem Wolff-Chaikoff-Effekt und somit zu einer länger anhaltenden Hypothyreose führen kann (Sohn et al., 2024).

Eine Schilddrüsenunterfunktion kann mit vielfältigen Symptomen einhergehen, darunter Müdigkeit, Schwäche, verminderter körperlicher und geistiger Leistungsfähigkeit, Gewichtszunahme, verlangsamtem Herzschlag, trockener Haut, Konzentrationsstörungen sowie depressiven Verstimmungen (BfR, 2004). Darüber hinaus kann eine unzureichende Hormonproduktion, insbesondere bereits während der fetalen Entwicklung, das Wachstum, die Knochenreifung und die Gehirnentwicklung beeinträchtigen (BfR, 2021a).

3.1.2.3 Jodinduzierte Progression von Autoimmunerkrankungen der Schilddrüse

Eine übermäßige Jodzufuhr kann darüber hinaus die Progression von Autoimmunerkrankungen wie Hashimoto-Thyreoiditis oder Morbus Basedow begünstigen (Khudair et al., 2025). Die Mechanismen sind jedoch nicht vollständig geklärt. Diskutiert werden insbesondere eine erhöhte Immunogenität von Thyreoglobulin, oxidativer Stress im Schilddrüsengewebe, die Aktivierung proinflammatorischer Signalwege sowie eine Störung der immunologischen Balance bei genetisch prädisponierten Personen (Kalarani and Veerabathiran, 2022; Luo et al., 2014; Teti et al., 2021).

Insbesondere bei vulnerablen Risikogruppen (Tab. 2) kann ein plötzlich exzessiv erhöhtes Jodangebot unerwünschte Effekte einer Hyper- oder Hypothyreose hervorrufen. Hierzu zählen Schwangere und Stillende bzw. das ungeborene oder gestillte Kind, aber auch Kleinkinder und Personen mit bereits vorliegenden Schilddrüsenerkrankungen wie z. B. (latente) funktionelle Autonomie, Morbus Basedow oder Hashimoto-Thyreoiditis, sowie Personen mit bereits vorliegenden Strumen und Personen mit eingeschränkter Nierenfunktion (Tab. 2).

Tab. 2: Vulnerable Gruppen für jodinduzierte Schilddrüsenfunktionsstörungen.

Risikogruppe	Mechanismus	Relevante Effekte
Personen mit funktioneller Autonomie	unkontrollierte Hormonproduktion aufgrund fehlender Feedbackregulation	erhöhtes Risiko für Jodinduzierte Hyperthyreose
Personen mit latenter funktioneller Autonomie (oft unerkannt; TSH niedrig, fT3/fT4 normal)	unkontrollierte Hormonproduktion aufgrund fehlender Feedbackregulation	erhöhtes Risiko für Jodinduzierte Hyperthyreose
Personen mit Morbus Basedow (Autoimmunerkrankung)	Verstärkung der bereits vorliegenden Schilddrüsenüberfunktion	erhöhtes Risiko für zusätzliche jodinduzierte Hyperthyreose und Progression der Erkrankung
Personen mit Strumen, aber ansonsten euthyreoter Stoffwechsellaage	eingeschränkte homöostatische Regulierung wird diskutiert	erhöhtes Risiko für Hyperthyreose
Personen mit Hashimoto-Thyreoiditis (Autoimmunerkrankung)	möglicher gestörter „Escape“-Mechanismus aus dem Wolff–Chaikoff-Effekt; jodinduzierte Blockade der Schilddrüsenhormonproduktion bleibt bestehen	erhöhtes Risiko für länger anhaltende jodinduzierte Hypothyreose und Progression der Erkrankung
Schwangere bzw. Fetus	bei Feten „Escape“-Mechanismus aus dem Wolff–Chaikoff-Effekt bis zur 36. Schwangerschaftswoche nicht vollständig ausgebildet; durch hohe Jodzufuhr der Mutter kann jodinduzierte Blockade der Schilddrüsenhormonproduktion beim Fetus länger bestehen bleiben	erhöhtes Risiko für länger anhaltende jodinduzierte Hypothyreose beim Fetus bei gleichzeitiger euthyreoter Stoffwechsellaage der Mutter
Stillende bzw. gestilltes Kind	aktiver Transport von Jod über NIS in die laktierende Brustdrüse; erhöhte Exposition des Säuglings mit Jod; Wolff–Chaikoff-Effekt	erhöhtes Risiko für transiente Hypothyreose beim gestillten Säugling
Säuglinge und Kleinkinder	Wolff–Chaikoff-Effekt	erhöhtes Risiko für transiente Hypothyreose
Personen mit eingeschränkter Nierenfunktion	höhere Exposition aufgrund verzögerter renaler Jodausscheidung; Wolff–Chaikoff-Effekt	erhöhtes Risiko für transiente Hypothyreose

3.1.2.4 Tolerable Upper Intake Level (UL) für Jod

Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA, 2002) hat auf Basis von zwei kleinen Dosis-Wirkungsstudien mit 32 bzw. 10 Teilnehmern, die über eine Dauer von 14 Tagen verschiedene Dosierungen von bis zu 1.700 bzw. 4.500 µg Jod pro Tag erhielten, einen LOAEL von 1700 µg ermittelt (EFSA, 2002). Ab dieser Dosis wurde in beiden Studien eine Erhöhung der TSH-Spiegel beobachtet. Gemäß EFSA waren diese Erhöhungen zwar klinisch nicht von Bedeutung, konnten aber als Indikator für ein bestehendes Risiko für eine induzierte Hypothyreose gelten. Die EFSA wies darauf hin, dass - obwohl die beiden Studien von kurzer Dauer und die Teilnehmerzahl gering war -, die Ergebnisse durch eine 5-Jahres-Studie gestützt werden, in der annähernd 1.800 µg Jod pro Tag verabreicht wurden, und in

der keine klinisch relevanten Schilddrüsenpathologien zu beobachten waren. Unter Zugrundelegung eines Unsicherheitsfaktors von 3 hat die EFSA daraus einen UL von 600 µg pro Tag für Erwachsene abgeleitet. Diese Aufnahmemenge ist aus Sicht der EFSA auch für schwangere und stillende Frauen akzeptabel. Für 1- bis 3-jährige Kinder wurde ein UL von 200 µg pro Tag, für 4- bis 6-jährige 250 µg, für 7- bis 10-jährige 300 µg, für 11- bis 14-jährige 450 µg und für 15- bis 17-jährige 500 µg pro Tag abgeleitet (EFSA, 2002).

In Deutschland galt bis zum Jahr 2024 aufgrund des langjährigen Jodmangels und des dadurch bedingten erhöhten gesundheitlichen Risikos hoher Jodzufuhrmengen bei Personen mit unerkannten funktionellen Autonomien der Schilddrüse (insbesondere bei älteren Personen, die lange einem Jodmangel ausgesetzt waren) für Erwachsene ein UL von 500 µg pro Tag (D-A-CH, 2000). In der aktuellen Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) und der Österreichischen Gesellschaft für Ernährung (ÖGE) wird sich nunmehr an dem UL der EFSA von 600 µg pro Tag für Erwachsene orientiert und dieser auch für Deutschland übernommen (DGE/ÖGE, 2025).

3.1.2.5 Gesundheitliche Effekte von Jod aus Algen beim Menschen

a) Interventionsstudien zu gesundheitlichen Effekten von Jodaufnahmen aus Algen

Kontrollierte Humanstudien liefern Hinweise darauf, dass hohe Jodaufnahmen aus Algen die Schilddrüsenfunktion beeinflussen können. In einer Interventionsstudie von Miyai et al. (2008) führte die tägliche Aufnahme von 15–30 g Kombu pro Tag (entsprechend etwa 35–70 mg Jod pro Tag) über 7 bis 10 Tage zu signifikanten Erhöhungen des TSH sowie zu leichten Abnahmen der peripheren Schilddrüsenhormone fT4 und fT3 (Miyai et al., 2008). Bei längerer Exposition (bis etwa 2–3 Monate) blieb TSH erhöht, während fT4 und fT3 weitgehend stabil blieben; nach Absetzen der Kombu-Mahlzeiten normalisierten sich die Parameter innerhalb weniger Wochen. Diese Ergebnisse belegen eine reversible Suppression der Schilddrüsenfunktion infolge sehr hoher Jodzufuhr aus Braunalgen – und lassen sich mit einem akuten Wolff–Chaikoff-Effekt erklären.

Auch bei moderateren, aber erhöhten Jodaufnahmen zeigen kontrollierte Studien konsistente Effekte. In einer doppelblinden, randomisierten Crossover-Studie führte die tägliche Aufnahme von 5 g einer Braunalge (*A. esculenta*), entsprechend etwa 475 µg Jod pro Tag, über sieben Wochen zu einem signifikanten Anstieg des TSH bei unveränderten Schilddrüsenhormonkonzentrationen (Teas et al., 2007).

In einer weiteren kontrollierten Interventionsstudie (Takase et al., 2020) mit einer Jodaufnahme von etwa 2.000 µg pro Tag aus der Rotalge *Palmaria palmata* über acht Wochen wurde ebenfalls ein Anstieg des TSH im Vergleich zur Placebogruppe beobachtet.

In einer weiteren randomisierten Interventionsstudie mit neun euthyreoten Erwachsenen wurde die Wirkung einer einmaligen Sushi-Mahlzeit mit bzw. ohne Algensalat auf Jodexposition und Schilddrüsenfunktion untersucht (Noahsen et al., 2020). Die Mahlzeit führte zu einem kurzfristigen, starken Anstieg der Jodausscheidung (Jodurinausscheidung bis +385 %). Gleichzeitig stieg das Serum-TSH transient um 50–150 %, während fT4 unverändert blieb. Die Effekte normalisierten sich rasch (Jodausscheidung nach 24–48 h, TSH nach 2–3 Tagen), ohne klinische Nebenwirkungen. Diese Ergebnisse zeigen, dass bereits eine einzelne Algenmahlzeit eine sehr hohe Jodexposition verursachen kann, die bei Gesunden meist kompensiert wird, aber bei vulnerablen und prädisponierten Personen mit unerwünschten gesundheitlichen Effekten auf die Schilddrüsenfunktion einhergehen kann. Sehr

bemerkenswert ist, dass der Effekt beim frisch zubereiteten Algensalat (aus der braunen Meeresalge *Focus vesiculosus*) besonders ausgeprägt war, während verarbeitete Produkte (kommerzieller japanischer Algensalat, bei dem keine Angaben zur verwendeten Algenart vorlagen, sowie Sushi) deutlich geringere Jodexpositionen verursachten, was die starke Variabilität der Jodgehalte/-zufuhr in Abhängigkeit von der Algenart und Verarbeitung verdeutlicht (Noahsen et al., 2020).

Auch weitere randomisierte Studien (Clark et al., 2003; Nishihira et al., 2017), die die Effekte eines kurz- bis mittelfristigen Algenverzehr untersuchten, zeigen konsistente Veränderungen der Jodexposition und Schilddrüsenparameter:

In der doppelblinden, placebokontrollierten Studie von Clark et al. (2003) führte die Supplementation mit Kelp-Algen (500 bzw. 1.000 µg Jod pro Tag) bei 36 gesunden, euthyreoten Probandinnen und Probanden über vier Wochen zu einer dosisabhängigen Erhöhung der Jodausscheidung sowie zu signifikanten Anstiegen des TSH, insbesondere in der Hochdosisgruppe, während fT4 weitgehend unverändert blieb und sich die Werte nach Absetzen normalisierten (Clark et al., 2003).

In der ebenfalls doppelblinden, placebokontrollierten Studie von Nishihira et al. (2017) mit einer täglichen Aufnahme von etwa 3 mg Jod aus der Braunalge *Gagome* über acht Wochen zeigte sich ein Anstieg des TSH in der Interventionsgruppe (von ca. 1,8 auf 3,0 µIU/ml), während T4 leicht abnahm, jedoch ohne klinisch relevante Veränderungen oder Nebenwirkungen.

Diese Befunde bestätigen, dass erhöhte Jodaufnahmen aus Algen auch über mehrere Wochen hinweg messbare, jedoch in der Regel moderate Veränderungen der Schilddrüsenfunktion hervorrufen können.

Zusammenfassend zeigen die kontrollierten Studien konsistent, dass der Verzehr jodreicher Algen zu einer erhöhten Jodausscheidung und messbaren Veränderungen von Schilddrüsenparametern führt, insbesondere zu moderaten TSH-Anstiegen, während periphere Schilddrüsenhormone bei gesunden Personen im Allgemeinen stabil bleiben. Klinisch relevante Effekte wurden in den überwiegend kurz- bis mittelfristigen Studien mit gesunden Erwachsenen in der Regel nicht beobachtet, auch nicht bei stark erhöhten Jodaufnahmen. Angesichts der stark variierenden Jodgehalte von Algen und der teilweise hohen Verzehrsmengen lässt sich die langfristige Jodzufuhr und die damit möglicherweise einhergehenden gesundheitlichen Wirkungen anhand der vorliegenden Daten nicht verlässlich bewerten.

b) Epidemiologische Beobachtungen aus Regionen mit hohem Algenverzehr

Mehrere ältere Studien aus Japan haben sich mit dem Zusammenhang zwischen Algenkonsum und Schilddrüsenerkrankungen beschäftigt. Eine frühe Studie von Suzuki et al. (1965), zitiert in der Übersichtsarbeit von Blikra et al. (2024), untersuchte die Strumaprävalenz bei Schulkindern in Küstenregionen von Hokkaido. Dabei zeigte sich, dass in Gebieten mit traditionell hohem Konsum jodreicher Algen, insbesondere Kelp, die Häufigkeit sichtbarer Strumen deutlich erhöht war: Sie lag bei 6,6 % in Hidaka und bei 9,0 % auf Rishiri Island, während sie in der Vergleichsregion Sapporo lediglich 1,3 % betrug. Die betroffenen Regionen waren durch eine besonders hohe Aufnahme von Jod über Algen gekennzeichnet. In einigen Fällen führte der Verzicht auf Algen zu einer Verkleinerung der Strumen, was auf einen ursächlichen Zusammenhang zwischen der hohen Jodaufnahme aus

Algen und der Schilddrüsenvergrößerung hindeutet. Dieses Phänomen wurde als „*endemic coast goiter*“ beschrieben (Blikra et al., 2024).

In einer weiteren großen epidemiologischen Studie in der Präfektur Ishikawa, einer Küstenregion in Japan, wurde zwischen 1972 und 1975 eine insgesamt geringe Strumaprävalenz festgestellt (2,7 % in Kanazawa und 3,0 % in Wajima). Dennoch zeigten sich weiterhin Unterschiede zwischen Küsten- und Binnenregionen: bei Schulkindern traten Auffälligkeiten der Schilddrüse, insbesondere Veränderungen der Konsistenz sowie Hinweise auf chronische lymphozytäre Thyreoiditis, häufiger in Küstengebieten als in städtischen Regionen auf (Inoue et al., 1975).

Eine spätere Querschnittsstudie aus Japan mit 1061 Erwachsenen aus fünf Küstenregionen von Hokkaido (Küstenregionen mit hohem Algenkonsum) untersuchte den Zusammenhang zwischen der Jodaufnahme und der Schilddrüsenfunktion. Dabei zeigte sich eine Hypothyreoseprävalenz von bis zu 9,7 %, wobei sie bei Personen mit hoher Jodaufnahme deutlich häufiger war (12,1 % vs. 2,3 % bei normaler Jodaufnahme); zudem berichtete die Mehrheit der Betroffenen einen nahezu täglichen Konsum von Kelp (Konno et al., 1994).

Zusammenfassend deuten epidemiologische Studien aus Japan darauf hin, dass eine chronisch hohe Jodaufnahme über Algen mit einer erhöhten Strumaprävalenz sowie weiteren strukturellen Veränderungen der Schilddrüse assoziiert sein könnte, wobei die Ausprägung der Befunde variieren kann.

c) Fallberichte und Fallserien zu jodinduzierten Schilddrüsenfunktionsstörungen nach Algenverzehr

Zusätzliche Evidenz für klinisch relevante Auswirkungen hoher Jodaufnahmen aus Algen stammt aus Fallberichten und Fallserien. Bereits seit mehreren Jahrzehnten wird über jodinduzierte Schilddrüsenfunktionsstörungen im Zusammenhang mit dem Verzehr jodreicher Algen berichtet (Pennington, 1990). Frühere Fallberichte, insbesondere aus Japan und anderen Regionen mit traditionell hohem Algenkonsum, beschreiben sowohl Hypo- als auch Hyperthyreosen infolge hoher Algenaufnahme bei Erwachsenen und Kindern. Dabei wurden klinisch manifeste Schilddrüsenstörungen nach akuter oder chronischer Aufnahme jodreicher Meeresalgen (*seaweed*) beschrieben, wobei die Jodzufuhr häufig deutlich über dem physiologischen Bedarf lag und teilweise den Milligrammbereich erreichte.

Spätere Arbeiten bestätigten diese Befunde. So wurde beispielsweise eine reversible jodinduzierte Hypothyreose nach regelmäßigem Konsum großer Mengen Kombu bei einer 20-jährigen Japanerin mit Anorexie beschrieben (Matsubayashi et al., 1998). Weitere Fallberichte aus verschiedenen Ländern dokumentieren jodinduzierte Hyperthyreosen nach Aufnahme von Kelp-Präparaten oder Algenprodukten, häufig bei Jodaufnahmen deutlich oberhalb der zu der damaligen Zeit abgeleiteten ULs (de Smet et al., 1990; Eliason, 1998; Ishizuki et al., 1989; Shilo and Hirsch, 1986). Charakteristisch ist auch hier, dass sich die Schilddrüsenfunktion nach Absetzen der Algen/-produkte meist innerhalb weniger Wochen normalisierte.

Einzelfallberichte, wie der von Müssig et al. (2006), zeigen, dass auch der Konsum Kelp-haltiger Getränke zu einer jodinduzierten Thyreotoxikose führen kann. In dem beschriebenen Fall entwickelte ein Patient nach regelmäßigem Verzehr eines Kelp-haltigen Tees eine manifeste Hyperthyreose mit supprimiertem TSH und erhöhten Schilddrüsenhormonen. Nach Absetzen des Produkts normalisierten sich die

Schilddrüsenparameter, was auf einen ursächlichen Zusammenhang mit der hohen Jodaufnahme hinweist (Müssig et al., 2006).

Eine Fallserie aus Australien (Crawford et al., 2010) beschreibt mehrere Fälle teils schwerer Schilddrüsenfunktionsstörungen im Zusammenhang mit einem hohen Konsum algenhaltiger Lebensmittel, insbesondere mit Kombu angereicherter Sojamilch und Algensuppen. Sowohl Erwachsene als auch exponierte Neugeborene nach maternaler Aufnahme wiesen stark erhöhte Jodexpositionen auf und entwickelten Hyper- oder Hypothyreosen, die sich nach Reduktion der Jodzufuhr weitgehend normalisierten.

Einzelfallberichte, wie der von Gherbon et al. (2019), zeigen, dass frei verkäufliche Kelp-haltige Nahrungsergänzungsmittel zu jodinduzierter, klinisch manifester Hyperthyreose mit typischer Symptomatik (z. B. Palpitationen, Nervosität) führen können. Kelp kann mehrere tausend Mikrogramm Jod pro Gramm enthalten. Nach Absetzen des Präparats normalisierten sich die Schilddrüsenwerte innerhalb weniger Wochen (Gherbon et al., 2019).

Ein weiterer aktueller Fallbericht (Unosawa et al., 2024) beschreibt eine ausgeprägte Hypothyreose bei einem 43-jährigen Mann infolge chronisch exzessiven Konsums von Kombu (Jodaufnahme von etwa 40–80 mg pro Tag). Der Patient entwickelte typische sowie ungewöhnliche Symptome einer Hypothyreose, bei gleichzeitig negativen Schilddrüsenautoantikörpern. Nach Reduktion der Jodzufuhr und vorübergehender Therapie normalisierte sich die Schilddrüsenfunktion vollständig, was auf einen ursächlichen Zusammenhang mit der übermäßigen Jodaufnahme hinweist.

Besondere Bedeutung kommt Untersuchungen bei Personen mit erhöhter Empfindlichkeit, also in der Schwangerschaft, Stillzeit und früher Lebensphase, zu Effekten eines Jodüberschusses zu:

In einer japanischen Fallserie (Nishiyama et al., 2004) wurden neonatale Schilddrüsenfunktionsstörungen mit einer hohen maternalen Jodaufnahme in Verbindung gebracht. Bei 15 von 34 auffälligen Neugeborenen wurde eine Hyperthyreotropinämie (subklinische Hypothyreose mit erhöhtem TSH-Spiegel aber normalen fT3/fT4-Werten) auf eine exzessive Jodzufuhr der Mutter während der Schwangerschaft zurückgeführt, die überwiegend durch den Konsum jodreicher Algenprodukte (insbesondere Kombu und entsprechende Suppen) bedingt war. Die geschätzte Jodaufnahme der Mütter lag dabei bei etwa 820–3.200 µg/Tag, und ein Großteil der betroffenen Neugeborenen benötigte eine vorübergehende Therapie, wobei die Veränderungen teilweise persistierten.

Ähnliche Beobachtungen wurden auch von Chung et al. (2009) beschrieben, wobei erhöhte Jodkonzentrationen in der Muttermilch infolge hoher maternaler Jodaufnahme mit erhöhten TSH-Werten, d. h. einer subklinischen Hypothyreose, bei Frühgeborenen assoziiert waren (Chung et al., 2009).

Weitere aktuelle Fallberichte, etwa von Vlaardingerbroek (2021), bestätigen, dass eine übermäßige maternale Aufnahme jodreicher Algen zu transienten Schilddrüsenfunktionsstörungen beim Neugeborenen führen kann. In dem beschriebenen Fall konsumierte die Mutter während Schwangerschaft und Stillzeit täglich Algenprodukte wie Wakame (z. B. als Miso Suppe), aber auch weitere Algen sowie Supplemente, wodurch es zu einer exzessiv erhöhten Jodexposition kam (Vlaardingerbroek, 2021).

Insgesamt zeigen die vorliegenden Fallberichte, dass exzessive Jodaufnahmen aus Algen/-produkten sowohl bei Erwachsenen als auch – über die maternale Exposition – bei Neugeborenen klinisch relevante Schilddrüsenstörungen (Hyperthyreose oder Hypothyreose) und bei empfindlichen Personen klinisch manifeste Schilddrüsenerkrankungen auslösen können.

d) Studien zum Jodstatus bei Algenkonsum (Norwegen)

Studien mit Personen, die regelmäßig Algen konsumieren, liefern Hinweise auf die Relevanz der Exposition unter realen Ernährungsbedingungen. So wurde in einer Querschnittsstudie von Aakre et al. (2020) der Jodstatus und die Schilddrüsenfunktion bei 44 gesunden Personen mit gewohnheitsmäßigem Algenkonsum in Norwegen untersucht, wobei wiederholt Urinproben gezielt kurz nach dem Algenverzehr entnommen wurden, um Expositionsspitzen abzubilden. Dabei zeigte sich bei einem Teil der Teilnehmenden eine sehr hohe Jodausscheidung, mit einer medianen Konzentration von 1.200 µg/L und einer daraus abgeleiteten Jodaufnahme von etwa 2.430 µg/Tag, wodurch der UL der EFSA von 600 µg pro Tag deutlich überschritten wurde. Algen stellten dabei die mit Abstand wichtigste Jodquelle dar, während andere Lebensmittel nur einen geringen Beitrag zur Jodzufuhr leisteten. Die TSH-Werte lagen überwiegend im Referenzbereich, waren jedoch tendenziell erhöht, während fT3 und fT4 unauffällig blieben. Insgesamt zeigt die Studie, dass der Verzehr von Algen zu einer stark erhöhten und teils exzessiven Jodzufuhr/-ausscheidung führen kann, insbesondere kurzfristig nach dem Konsum, was für die Bewertung gesundheitlicher Risiken relevant ist (Aakre et al., 2020).

In einer aktuellen Studie von Aakre et al. (2026) wurde der Einfluss des Algenverzehrs auf die Jodexposition und die Schilddrüsenfunktion bei 49 gesunden gewohnheitsmäßigen Algenkonsumenten im Rahmen einer nicht-randomisierten Prä-Post-Studie (Algenverzehr zu Beginn der Studie und Verzicht am Ende) untersucht (Aakre et al., 2026). Dabei lag die geschätzte Jodaufnahme zu Beginn der Studie im Median bei 658 µg/Tag und überschritt damit den UL. Nach sechswöchigem Verzicht auf Algen sanken Jodaufnahme und Jodausscheidung deutlich, begleitet von einem Rückgang der TSH-Werte, während fT3 und fT4 unverändert blieben. Zudem waren höhere Jodaufnahmen mit höheren TSH-Werten assoziiert, was auf eine dosisabhängige Wirkung hinweist.

Fazit

Insgesamt zeigen die verfügbaren Humanstudien, dass hohe Jodaufnahmen aus Algen, insbesondere aus jodreichen Braunalgen, die Schilddrüsenfunktion beeinflussen können. Kontrollierte Interventionsstudien belegen bei hoher Aufnahme eine reversible Erhöhung des TSH-Spiegels während fT4 und fT3 weitgehend stabil blieben. Fallberichte und Fallserien zeigen, dass unter realen Bedingungen auch klinisch manifeste Erkrankungen auftreten können. Studien aus Japan und Korea weisen zudem darauf hin, dass insbesondere Schwangere, Stillende und Neugeborene empfindlich auf erhöhte Jodexposition reagieren. Untersuchungen an Algenkonsumenten bestätigen schließlich, dass durch den Verzehr von Algen in der Praxis exzessiv hohe Jodaufnahmen erreichbar sind.

3.1.3 Expositionsschätzung der Jodzufuhr über Lebensmittel inklusive Algen, algenhaltiger Lebensmittel und Nahrungsergänzungsmittel der deutschen erwachsenen Bevölkerung

3.1.3.1 Verzehrsdaten

a) Nationale Verzehrsstudie II (NVS II)

Als Datengrundlage hinsichtlich des Verzehr von Lebensmitteln außer Algen für die Berechnung der Jod-Gesamtexposition bei Erwachsenen diente die Nationale Verzehrsstudie II (NVS II) des Max Rubner-Instituts (MRI). Die NVS II ist eine repräsentative Studie zum Lebensmittelverzehr der Bevölkerung Deutschlands. Die Studie, in der etwa 20.000 Personen im Alter zwischen 14 und 80 Jahren mittels drei verschiedener Erhebungsmethoden (Dietary History, 24h-Recall und Wiegeprotokoll) zu ihrem Ernährungsverhalten befragt wurden, fand zwischen 2005 und 2006 in ganz Deutschland statt (Krems et al., 2006; MRI, 2008).

Die Verzehrsauswertungen beruhen auf den Daten von zwei unabhängigen 24h-Recalls, die in einem computergestützten Interview mittels „EPIC-SOFT“ erhoben wurden. Es wurden die Daten von 13.182 Personen im Alter von 18 bis 80 Jahren, von denen jeweils beide Interviews vorlagen, ausgewertet. Aufgrund des Alters der Daten können diese zwar zur Aufnahmeberechnung der Jodhintergrundexposition ohne Algen herangezogen werden, bilden jedoch nicht den aktuell gestiegenen Algenverzehr ab.

b) Befragung zum Verzehr von Algen und algenhaltigen Nahrungsergänzungsmitteln (NEM)

Um den gegenwärtigen Verzehr algenhaltiger Lebensmittel besser abbilden zu können, wurde eine spezifische Befragung unter Erwachsenen zum Verzehr von Algen und algenhaltigen NEM initiiert. Die repräsentative Erhebung fand von September bis Oktober 2025 statt und wurde von der INFO GmbH als *Computer Assisted Telephone Interview* (CATI) im Auftrag des BfR durchgeführt. Insgesamt wurden bundesweit 2.001 Personen ab 18 Jahren zur Häufigkeit des Verzehr bzw. zur Einnahme und Nutzung algenhaltiger Lebensmittel, NEM und Kosmetika befragt. Zusätzlich liegen zu den Befragten individuelle Angaben zum Alter, Geschlecht und Körpergewicht vor.

In Tab. 3 sind die Lebensmittel mit der Anzahl bzw. dem Anteil an Verzehrenden aufgeführt, die in der Erhebung abgefragt wurden. Für die weitere Auswertung wurden ausschließlich Lebensmittel mit einem Verzehranteil von mindestens 5 % berücksichtigt.

Tab. 3: Verzehr von algenhaltigen Lebensmitteln und NEM innerhalb der letzten 12 Monate für Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands (Basis: alle Teilnehmenden der Verbraucherbefragung; Mehrfachantworten möglich; gewichtete Angaben).

Lebensmittel	Anzahl (Anteil in % an Verzehrenden)
01 Sushi	847 (42)
02 Miso- oder Ramen-Suppe mit Algen	397 (20)
03 Sushi-Dreieck / Algensandwich (z. B. Onigiri)	330 (16)
04 Nahrungsergänzungsmittel mit Algen, z. B. zur Omega-3-Versorgung oder Kapseln mit Chlorella oder Spirulina	315 (16)
05 Bowl-Gerichte oder gemischte Salate mit Algen	312 (16)
06 Wakame / Algensalat (z. B. auch Seetangsalat)	310 (16)
07 Agar-Agar als Geliermittel	295 (15)
08 Algen als (Gemüse-) Beilagen	249 (12)
09 Algen in Form von Flocken, Pulvern oder getrockneten Blättern als Zutat bei der Speisenzubereitung	192 (10)
10 algenhaltige Snacks (z. B. Cracker mit Algen)	178 (9)
11 algenhaltige Fischersatzprodukte (z. B. Thunfischersatz)	128 (6)
12 Getränke mit Algen (z. B. Smoothie mit Spirulina oder Tee mit Algen)	120 (6)
13 Gewürzmischungen mit Algen	113 (6)
14 algenhaltige Nudeln	108 (5)
15 Alternative zu Fischsoße z. B. Dashi	107 (5)
16 algenhaltige Backwaren (z. B. Knäckebrot mit Algen)	82 (4)
17 algenhaltige herzhaftes Aufstriche	62 (3)
18 algenhaltige Fleisch- und Fleischersatzprodukte (z. B. Bratwurst mit Alge)	59 (3)
19 algenhaltige Konfitüre oder Marmelade	57 (3)
20 Salzersatz mit Algen	49 (2)
21 algenhaltige Ei-Ersatzprodukte (z. B. Bobei mit Chlorella)	26 (1)
22 Sonstiges algenhaltiges Lebensmittel	4 (<1)
keine davon	834 (42)
Gesamt	2.001 (100)*

* Aufgrund von Mehrfachantworten übersteigt die Summe der Einzelantworten bzw. deren Anteil die Gesamtzahl der Befragten.

c) Recherche von Algenarten und Portionsgrößen für algenhaltige Lebensmittel

Aus den Ergebnissen der Verbraucherbefragung konnten die am häufigsten verzehrten algenhaltigen Lebensmittel und zugehörige Verzehrshäufigkeiten abgeleitet werden. Um die langfristige Jodexposition für diese Lebensmittel bestimmen zu können, wurden für die algenhaltigen Lebensmittel mit einem Verzehranteil von mindestens 5 % die

typischerweise verwendeten Algenarten sowie der Verzehr an Algen pro Portion⁵ recherchiert.

Da Wakamesalat häufig als (Gemüse) Beilage verzehrt wird, musste davon ausgegangen werden, dass einige der Befragten sowohl bei Wakame/Algensalat als auch bei Algen als (Gemüse-) Beilagen einen Verzehr angegeben haben, obwohl es sich um das gleiche Verzehrereignis handelt. Um eine doppelte Erfassung des Verzehrs zu vermeiden, wurde bei diesen beiden Lebensmitteln lediglich der jeweils höhere Verzehr berücksichtigt. Bei der Recherche der Algenarten und der Menge an verzehrten Algen pro Portion⁶ wurden Rezepte auf einschlägigen Internetseiten, aber auch Herstellerangaben sowie die Produktdatenbank Mintel GNPD herangezogen. Eine Aufstellung der Rechercheergebnisse befindet sich in Tab. 4. Das Vorgehen und die detaillierten Ergebnisse der Recherche sind in Anhang A1 dargestellt.

⁶ Eine „Portion“ bezieht sich auf die üblicherweise von einer Person verzehrte Menge eines Lebensmittels bzw. Gerichtes (siehe Tab. 4).

Tab. 4: Typische Algenarten der am häufigsten verzehrten algenhaltigen Lebensmittel und deren verzehrte Menge in Gramm Alge (Trockengewicht) pro Portion Lebensmittel.

Lebensmittel*	Typische Algenarten bzw. Sorten**	Menge getr. Alge pro Portion (g)***
01 Sushi	Nori	2,2
02 Miso- oder Ramensuppe	Wakame / Kombu	2,1
03 Sushi-Dreieck / Algensandwich	Nori	2,9
04 Nahrungsergänzungsmittel	Chlorella / Schizochytrium sp. / Spirulina	1,5****
05 Bowl-Gerichte oder gemischte Salate	Nori / Wakame	5,4
06 Wakame / Algensalat	Wakame	21,1
07 Agar-Agar als Geliermittel	Umutgasari / Agar / Ceylon Moss	0,9****
08 Algen als (Gemüse-) Beilagen	Wakame	21,1
09 Algenflocken, -pulver oder getrocknete Blätter	Nori / Wakame / Kombu	2,0
10 algenhaltige Snacks	Nori	13,3
11 algenhaltige Fischersatzprodukte	Dulse	6,2
12 Getränke mit Algen	Kalkalge	1,0
13 Gewürzmischungen mit Algen	Nori / Wakame / Kombu	0,1
14 algenhaltige Nudeln	Meeresspaghetti	16,1
15 Alternative zu Fischsoße	Wakame / Kombu / Meeresspaghetti	0,9

* Es werden nur Lebensmittel mit einem Verzehreranteil von mindestens 5 % berücksichtigt

** Die angegebenen Algenarten sind nicht repräsentativ. Die Algenarten wurden anhand einer Rezeptrecherche zu einzelnen Lebensmitteln ermittelt. Einzelne Produkte können abweichende Algenarten als Zutat aufweisen. Es werden die deutschen Bezeichnungen der Algenliste (BVL, 2026a) angegeben.

*** Die angeführte Menge bezieht sich auf eine Portion des angegebenen Lebensmittels in Gramm Alge (Trockengewicht) pro Portion Lebensmittel.

**** Für NEM und Agar-Agar bezieht sich die Menge auf eine Tagesdosis (NEM) bzw. eine Portion (Agar-Agar).

3.1.3.2 Gehaltsdaten

a) BfR-MEAL-Studie

Jod wurde im Nährstoffmodul der BfR-MEAL-Studie in 355 Lebensmitteln der MEAL-Foodlist (Lebensmittelliste) untersucht⁷. Basierend auf den 24 h-Recalls der NVS II für Erwachsene und den VELs-Daten für Kinder von 0,5 bis 4 Jahren (Banasiak et al., 2005) deckt die MEAL-Foodlist für jede Lebensmittelhauptgruppe mindestens 90 % des durchschnittlichen Lebensmittelverzehrs verschiedener Altersgruppen der Bevölkerung Deutschlands ab und berücksichtigt zudem selten verzehrte Lebensmittel mit bekanntermaßen hohen Gehalten an unerwünschten Stoffen. Die MEAL-Lebensmittel wurden zwischen Dezember 2016 und

⁷ https://www.bfr.bund.de/cm/343/Lebensmittelliste_Deutsch_2021_Web_bf_final_1.pdf

Mai 2019 deutschlandweit in vier verschiedenen Regionen eingekauft, wobei die Produktauswahl die unterschiedlichen Einkaufsgewohnheiten der deutschen Bevölkerung sowie regionale als auch saisonale Besonderheiten berücksichtigte. Die der repräsentativen Zusammenstellung der Proben zugrundeliegenden Informationen wurden über Verbraucherstudien erhoben sowie aus Marktdaten generiert. Die Lebensmittel wurden in der MEAL-Studienküche im BfR unter Nachbildung des typischen Verbraucherverhaltens zubereitet. Anschließend wurden die Lebensmittel und Gerichte gepoolt (gruppiert) und homogenisiert. Ein MEAL-Pool besteht dabei aus 15 - 20 Einzelebensmitteln (sog. Subsamples) (Sarvan et al., 2017). Spezifische Details zur Datenerhebung sowie die Darstellung und Diskussion der Gehalte von Jod wurden bereits veröffentlicht (BfR, 2021b).

Die in der MEAL-Studie analysierten Lebensmittelpools enthalten (entsprechend ihres Marktanteils) auch industriell und handwerklich hergestellte Produkte, die mit Jodsalz hergestellt wurden. Bei der Herstellung von Mahlzeiten und Produkten in der MEAL-Küche wurde jedoch kein Jodsalz verwendet.

Für die Auswertung auf Grundlage der MEAL-Studie wurde der Verzehr von Algen und Sushi nicht berücksichtigt. Die Verwendung von jodiertem Speisesalz im Haushalt wurde anhand einer pauschalen Jodaufnahme nachgebildet (siehe Abschnitt a)).

b) Deutsches Lebensmittel-Monitoring und weitere Quellen

Im Vorfeld der Expositionsschätzung wurde eine Datenabfrage zum Jodgehalt in Algen und algenhaltigen Lebensmitteln beim Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) und den Bundesländern durchgeführt. Es wurden sowohl Daten des Monitorings gemäß §§ 50–52 LFGB als auch Daten der Länder aus den Jahren 2004 bis 2025 zur Verfügung gestellt. Diese Angaben wurden mit Werten aus Publikationen und des Bundeslebensmittelschlüssels (BLS) 3.02 ergänzt.

Die Daten des Monitorings und der Länder wurden gefiltert nach zufällig gezogenen Proben von rohen getrockneten Algen, für welche die Algenart (bzw. Algensorte) beschrieben war, und wurden über die jeweiligen Algenarten aggregiert. Aus dem gefilterten Datensatz wurden grundsätzlich nur die Algenarten verwendet, für die eine ausreichende Stichprobengröße vorlag und die im Zuge der Rezeptrecherche in den hier betrachteten Lebensmitteln vorkamen (Tab. 5).

In Tabelle 5 sind die statistischen Kenngrößen der Jodgehalte für die verwendeten Algenarten angegeben. Die Werte beziehen sich in der vorliegenden Auswertung jeweils auf den „Upper Bound“, da kaum Werte unter der Bestimmungsgrenze gemessen wurden (Algen: N = 1; NEM: N = 14). Für die Expositionsschätzung wurde jeweils der Mittelwert verwendet.

Tab. 5: Gehaltswerte von Jod in getrockneten Algen (mg/kg) aus den vom BVL und den Ländern zur Verfügung gestellten Daten. Für die Berechnung wurde der „Upper Bound“-Ansatz verwendet.

Algenart	N	Min	MW	P50	P95	Max
Nori: Rotalge (<i>Porphyra</i> spp.)	320	0,1	78,2	31,7	75,1	4.352
Wakame: Braunalge (<i>Undaria pinnatifida</i>)	54	1,9	204	190	339	394
Kombu: Braunalge (<i>Laminaria</i> und <i>Saccharina</i> spp.)	34	0,8	1.837	2.104	3.984	5.970
Seespaghetti: Braunalge (<i>Himanthalia elongata</i>)	3	11,5	48,4	46,8	82,8	86,8
NEM	140	<0,1	92,2	1,6	731	865

N: Anzahl Stichproben; MW: Mittelwert; NEM: Nahrungsergänzungsmittel

Einzelne Gehalte, die in verzehrsfertigen algenhaltigen Lebensmitteln gemessen wurden, konnten aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht verwendet werden. Aufgrund dieser nicht ausreichenden Daten zu verzehrsfertigen Lebensmitteln und um ein Szenario berechnen zu können, bei dem ein Höchstgehalt für Jod in getrockneten Algen berücksichtigt werden konnte, wurde in den vorliegenden Expositionsschätzungen grundsätzlich die Portionsgröße auf die Menge an getrockneten Algen pro Portion zurückgerechnet und mit den entsprechenden Gehaltswerten verknüpft.

Obwohl für Meeresspaghetti nur 3 Gehaltswerte vorlagen, wurden die Daten für die Expositionsschätzung verwendet, da die Messwerte in einer sehr ähnlichen Größenordnung lagen, wie sie auch in der Literatur für diese Algenart beschrieben sind (Aakre et al., 2021).

Für algenhaltige NEM wurden Jodgehalte ermittelt, die sich auf das gesamte Produkt beziehen. In dieser Gruppe wurden nur die Proben berücksichtigt, die als algenhaltige NEM allgemein und nicht als ein spezielles Produkt beschrieben sind. Es ist davon auszugehen, dass die Verwendung dieser Daten im Gegensatz zur Literaturrecherche einzelner Gehaltswerte von in NEM häufig verwendeten Algenarten eine Überschätzung der Jodaufnahme aus algenhaltigen NEM bedeutet, da für die Herstellung von NEM überwiegend Algenarten verwendet werden, in denen keine wesentlichen Jodgehalte zu erwarten sind (Casas-Agustench et al., 2024; Kejžar et al., 2021; Reboredo et al., 2021); siehe Anhang A1.

Des Weiteren wurde für das Lebensmittel Agar-Agar ein Jodgehalt im BLS 3.02 recherchiert, der sich ebenfalls auf das Produkt insgesamt bezieht (Hartmann et al., 2006) und nicht einzelne Algenarten berücksichtigt.

Für die Algenarten Rotalge (*Palmaria palmata*) mit der gängigen Bezeichnung „Dulse“ und Rotalge (*Lithothamnium calcareum*) mit der gängigen Bezeichnung „Kalkalge“, wurden jeweils Literaturwerte für den Jodgehalt in der getrockneten Form genutzt, da in den

Monitoringdaten nur wenige oder keine Werte für diese Algenarten (bzw. Sorten) vorhanden waren.

Für die Rotalge *Palmaria palmata* wurde ein Mittelwert von 249 mg/kg TM (N = 7) verwendet, der sich aus einer Auswertung der EFSA ergab (EFSA, 2023). Für die Rotalge *Lithothamnium calcareum* wurden in der Literatur jeweils zwei einzelne Messwerte gefunden: 34.3 mg/kg TM (Desideri et al., 2016) und 32.8 mg/kg TM (Aslam et al., 2010). Für die hier durchgeführten Expositionsschätzungen wurde der Mittelwert aus den zwei Werten von 33,5 mg/kg verwendet.

Verarbeitungsfaktoren, die den Jodgehalt von Lebensmitteln beeinflussen, wurden aufgrund fehlender Daten und mit Hinblick auf eine konservative Schätzung mit Ausnahme des Wakamesalat-Szenarios nicht berücksichtigt.

3.1.3.3 Methodik der Expositionsschätzung

a) Bestimmung der Basisexposition

Da die Verbraucherbefragung ausschließlich den Verzehr von algenhaltigen Lebensmitteln und NEM erfasste, wurde die Jodexposition der Algenverzehrenden über alle weiteren Lebensmittel als „Basisexposition“ ermittelt. Es wird davon ausgegangen, dass die Basisexposition über andere Lebensmittel von Algenverzehrenden sich nicht maßgeblich von der Allgemeinbevölkerung unterscheidet. Diese Basisexposition beruht auf den Daten der NVS II und BfR-MEAL-Studie und bildet die lebensmittelbedingte Jodexposition unter Ausschluss algenhaltiger Lebensmittel und NEM ab. Dafür wurde für jeden Teilnehmenden der NVS II pro MEAL-Lebensmittel der mittlere langfristige Verzehr ermittelt und mit dem jeweiligen gemessenen Jodgehalt aus der BfR-MEAL-Studie verknüpft.

Um die Verwendung von Jodsalz im Haushalt abbilden zu können, wurde entsprechend der Herleitung aus der Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR vom 9. Februar 2021 (BfR, 2021b) eine pauschale Jodaufnahme in Höhe von 18 (Frauen) bzw. 21 (Männer) µg pro Tag für die Verwendung von Jodsalz im Haushalt angenommen. Aufgrund dieser Annahme wurde das MEAL-Lebensmittel „Salz“ von der Auswertung ausgeschlossen. Die Lebensmittel „Algen“ und „Sushi“ wurden ebenfalls von der Expositionsschätzung im Basisszenario ausgenommen, da deren Verzehr in den Ergebnissen der Befragung zum Verzehr algenhaltiger Lebensmittel berücksichtigt ist.

Die Expositionsschätzung auf Basis der Daten der BfR-MEAL-Studie erfolgte standardmäßig nach den Merkmalen biologische bzw. konventionelle Erzeugung. Das heißt, sofern MEAL-Lebensmittel getrennt nach ihrer Erzeugungsart beprobt wurden, wurden sie nicht gemittelt, sondern zwei getrennten Auswertungen zugeordnet. Dabei gingen alle nicht nach Erzeugungsart differenzierten Lebensmittel (saisonal, regional oder unspezifisch⁸) zusammen mit konventionell hergestellten Lebensmitteln in das Szenario des „Verzehrs vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel“ ein bzw. alle ausschließlich biologisch hergestellten Lebensmittel in das Szenario des „Verzehrs vornehmlich biologisch erzeugter Lebensmittel“. Insgesamt wurden 105 der 355 untersuchten MEAL-Lebensmittel nach Erzeugungsart differenziert. In beiden Expositionsszenarien wurde davon ausgegangen, dass alle Personen entweder ausschließlich biologisch hergestellte oder konventionell hergestellte Produkte verzehrt haben; sofern eine Differenzierung in der Foodlist vorlag.

⁸ Unspezifische MEAL-Lebensmittel wurden nicht in weitere Poolproben nach Saison, Region oder Erzeugungsart unterteilt.

Unterschiede in der Exposition liegen ausschließlich in Unterschieden in Gehaltsdaten der BfR-MEAL-Studie begründet, da bei den Verzehrdaten keine Differenzierung erfolgte.

Gehalte unter der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze wurden dabei nach dem modified Lower Bound (mLB)- und Upper Bound (UB)-Ansatz behandelt. Im mLB-Ansatz wurden Ergebnisse unter der Bestimmungsgrenze ($< \text{LOQ}$) der Wert der Nachweisgrenze (LOD) zugeordnet und Ergebnissen unter der Nachweisgrenze ($< \text{LOD}$) der Wert Null. Im UB-Ansatz wurden Ergebnisse unter der Bestimmungsgrenze ($< \text{LOQ}$) der Wert der jeweiligen Bestimmungsgrenze (LOQ) zugeordnet und Ergebnissen unter der Nachweisgrenze ($< \text{LOD}$) der Wert der jeweiligen Nachweisgrenze (LOD).

Da es das konservativere Szenario darstellt, beschränkt sich die Darstellung der Ergebnisse auf den Verzehr konventioneller Lebensmittel im UB. Sowohl die Unterschiede zur Jodexposition bei vorwiegend biologischer Lebensmittelauswahl als auch die Unterschiede im mLB fallen äußerst gering aus und können in der Stellungnahme Nr. 005/2021 (BfR, 2021b) nachgelesen werden.

b) Bestimmung der Jodexposition für algenhaltige Lebensmittel und Nahrungsergänzungsmittel (NEM)

Um die Jodexposition von Personen, die algenhaltige Lebensmittel und NEM verzehren, bestimmen zu können, wurden die in der Befragung ermittelten algenhaltigen Lebensmittel und deren Verzehrshäufigkeiten mit der lebensmittelspezifischen Menge an getrockneten Algen pro Portion verknüpft. Anschließend wurde der mittlere langfristige Verzehr ermittelt und mit den recherchierten Jodgehalten multipliziert. Für die Zuordnung der Algenarten zu den jeweiligen Lebensmitteln siehe Anhang A1.

Es ist zu beachten, dass sich die ermittelten Jodgehalte, sowie die Portionsgrößen je Lebensmittel auf Algen bzw. den Algenanteil (im getrockneten Zustand) beziehen, die typischerweise im verzehrten Lebensmittel vorkommen. Eine Ausnahme bilden die Lebensmittel Agar-Agar und Nahrungsergänzungsmittel. Bei diesen Lebensmitteln beziehen sich die angegebenen Jodgehalte auf das gesamte Lebensmittel (Agar-Agar) bzw. das gesamte Produkt unter Berücksichtigung der empfohlenen Tagesdosis (NEM).

Da unterschiedliche Algenarten mit variierenden Jodgehalten zur Herstellung einzelner Lebensmittel genutzt werden können, wurden verschiedene Expositionsszenarien betrachtet, um den Einfluss einzelner Algenarten bzw. eine potenziell rigide Produktauswahl zu berücksichtigen.

c) Kombination von Basisexposition und Exposition über algenhaltige Lebensmittel und Nahrungsergänzungsmittel (NEM)

Die Kombination der Ergebnisse zur Jodaufnahme aus algenhaltigen Lebensmitteln und sonstigen Lebensmitteln erlaubt eine Schätzung der Gesamtzufuhr von Jod für Personen der Bevölkerung Deutschlands, die Algen verzehren. Die Bestimmung der Gesamtexposition erfolgte auf Basis aller Befragten, die bei der Befragung zum Verzehr algenhaltiger Lebensmittel und NEM einen Verzehr solcher Produkte innerhalb der letzten 12 Monate angegeben haben ($N = 1.156$). Es wurden sowohl der Median (P50), das 60., 70., 80., 90., als auch das 95. Perzentil (P95) der Expositionsverteilung aus der Befragung zu algenhaltigen Lebensmitteln und NEM mit der medianen Exposition auf Basis der Daten der NVS II und der BfR-MEAL-Studie kombiniert, um die Gesamtexposition für Verzehrende algenhaltiger

Lebensmittel darzustellen. Für das P95-Szenario wurde die mediane Exposition aus der Befragung zu algenhaltigen Lebensmitteln und NEM mit der Exposition auf Basis der Daten der NVS II und BfR-MEAL-Studie im 95. Perzentil kombiniert. Die Angabe der Exposition erfolgt jeweils in µg/Tag.

Die Jodexposition wird getrennt nach Geschlecht für die Altersgruppen 18 bis 40 Jahre, 41 bis 60 Jahre und über 60 Jahre angegeben. Zusätzlich wurde die potentielle Exposition für schwangere Frauen berechnet, von denen angenommen wird, dass sie eine Basisexposition und eine Exposition über Algen wie Frauen im gebärfähigen Alter (18 bis 49 Jahre) haben sowie zusätzlich Jod supplementieren, wie empfohlen (150 µg/Tag).

Für den Abgleich der ermittelten Jodexposition mit einem gesundheitsbasierten Richtwert (*health-based guidance value*; HBGV) wurde der von der EFSA abgeleitete UL von 600 µg/Tag für Erwachsene herangezogen (SCF, 2002).

d) Bei der Expositionsschätzung berücksichtigte Szenarien

- Standardszenario

Das **Standardszenario** beruht auf den Ergebnissen zur Recherche algenhaltiger Lebensmittel und NEM (siehe Abschnitt c)). In dem Szenario wurden für einige Lebensmittel verschiedene Algenarten in unterschiedlichen Mengenanteilen berücksichtigt. Diese Zuordnung ergibt sich meist aus der Häufigkeit der Nennung einzelner Algenarten während der Produktrecherche. Entsprechend der Häufigkeit des Vorkommens einzelner Algenarten in einem Lebensmittel wurde der Jodgehalt des gesamten Lebensmittels als gewichteter Mittelwert bestimmt, welcher sich aus den Einzelwerten der Jodgehalte der vorkommenden Algen ergab (siehe Anhang A1).

Das Standardszenario deckt die Möglichkeit des Vorkommens verschiedener Algenarten in einzelnen Lebensmitteln ab, wenngleich es unwahrscheinlich ist, dass sämtliche angegebene Algenarten in einem Produkt vorkommen. Eine Übersicht der anteilig berücksichtigten Algenarten im Standardszenario befindet sich in Tab. 6.

Tab. 6: Anteile* verschiedener Algenarten (bzw. Algensorten) in algenhaltigen Lebensmitteln und NEM im Standardszenario.

Lebensmittel	Algenart	Anteil in %*
01 Sushi	Nori	100
02 Miso- oder Ramensuppe	Wakame	75
	Kombu	25
03 Sushi-Dreieck/Algensandwich	Nori	100
04 Nahrungsergänzungsmittel**	Diverse	n. b.
05 Bowl-Gerichte oder gemischte Salate	Nori	33
	Wakame	67
06 Wakame/Algensalat	Wakame	100
07 Agar-Agar als Geliermittel**	Diverse	n. b.
08 Algen als (Gemüse-) Beilagen	Wakame	100
09 Algenflocken, -pulver oder getrocknete Blätter	Nori	70
	Wakame	22
	Kombu	8
10 algenhaltige Snacks	Nori	100
11 algenhaltige Fischersatzprodukte	Dulse	100
12 Getränke mit Algen	Kalkalge	100
13 Gewürzmischungen mit Algen	Nori	33
	Wakame	33
	Kombu	33
14 algenhaltige Nudeln	Meeresspaghetti	100
15 Alternative zu Fischsoße	Wakame	17
	Kombu	50
	Meeresspaghetti	33

n. b.: nicht bestimmt

* Die angegebenen Anteile beziehen sich auf die Verteilung an Algenarten innerhalb des Algenanteils im Lebensmittel und ergeben sich meist aus der Häufigkeit der Nennung einzelner Algenarten während der Recherche zu Algenarten und Portionsgrößen sowie aus Ergebnissen der Algenbefragung (siehe Abschnitt c) und Anhang A1). Im Standardszenario ergibt sich der berücksichtigte Jodgehalt eines Lebensmittels aus den anteiligen Jodgehalten der vorkommenden Algen.

**Für Nahrungsergänzungsmittel und Agar-Agar wurde der Anteil verschiedener Algen nicht bestimmt, da sich sowohl die verzehrte Menge als auch der Jodgehalt auf das gesamte Lebensmittel bzw. Produkt beziehen.

Neben dem Standardszenario wurde die Jodzufuhr für folgende weitere Szenarien berechnet:

- **Kombu-Szenario** (Einfluss einer hohen Aufnahme an Kombu auf die Jodexposition);
- **Wakamesalat-Szenario** (Einfluss von Wakamesalat und (Gemüse-) Beilagen auf die Jodexposition);

- **Höchstgehalt-Szenario** (Simulation des auf EU-Ebene vorgeschlagenen Höchstgehalts von 1 g Jod pro kg getrocknete Algen) und
- **P95-Szenario** (Exposition von Verzehrnern algenhaltiger Lebensmittel, die bereits durch den Verzehr nicht-algenhaltiger Lebensmittel eine hohe Jodexposition aufweisen).

3.1.3.4 Gehaltsdatenauswertungen

a) Jodgehalt in algenhaltigen Lebensmitteln und NEM

In Tab. 7 sind die mittleren Jodgehalte spezifischer Algen und algenhaltiger Lebensmittel (Agar-Agar) bzw. algenhaltiger NEM dargestellt. Die angegebenen Jodkonzentrationen dienten der Ermittlung der Jodexposition im Standardszenario.

Mit 1.836,9 mg/kg TM weist die Algenart Kombu von den untersuchten die höchste Jodkonzentration auf. Die weiteren mittleren Jodgehalte schwanken zwischen 3,7 mg/kg TM (Agar-Agar; gesamtes Lebensmittel) und 249,0 mg/kg TM (Dulse). Für das Wakamesalat-Szenario wurde der Jodgehalt für Wakame um 27,3 % auf 148,2 mg/kg gesenkt, um ein zusätzliches Auswaschen des Jods bei der Zubereitung zu berücksichtigen.

Tab. 7: Mittlere Jodgehalte von Algen und algenhaltigen Lebensmitteln bzw. NEM, wie sie in der Expositionsschätzung berücksichtigt wurden.

Algenart	N	Jodgehalt in mg/kg Trockengewicht (Standardszenario)	Referenz
Dulse	7	249,0	EFSA (2023)
Kalkalge	2	33,5	Aslam et al. (2010); Desideri et al. (2016)
Kombu	34	1.836,9	BVL (2026b)
Meeresspaghetti	3	48,4	BVL (2026b)
Nori	320	78,2	BVL (2026b)
Wakame	54	203,8	BVL (2026b)
Agar-Agar*	1	3,7	Hartmann et al. (2006)
Nahrungsergänzungsmittel**	140	92,2	BVL (2026b)

* Der Jodgehalt für Agar-Agar bezieht sich auf das gesamte Lebensmittel.

** Der Jodgehalt für NEM bezieht sich auf das gesamte Produkt unter Berücksichtigung der empfohlenen Tagesdosis.

3.1.3.5 Ergebnisse der Expositionsschätzungen

a) Basisexposition

Die Basisexposition stellt die lebensmittelbedingte Jodexposition unter Berücksichtigung einer pauschalen Jodaufnahme über jodiertes Speisesalz und unter Ausschluss algenhaltiger Lebensmittel bei Annahme des Verzehrs vorwiegend konventionell erzeugter Lebensmittel dar (Tab. 8.).

Im Median nehmen Männer (137 µg/Tag) etwas mehr Jod auf als Frauen (119 µg/Tag). Im 95. Perzentil wird der Unterschied zwischen Männern und Frauen geringfügig größer. Über die Altersgruppen bleibt die Basisexposition sowohl für Männer als auch für Frauen weitgehend unverändert.

Die in der Tab. 8 dargestellte (höhere) Jodexposition von Schwangeren ist darauf zurückzuführen, dass angenommen wurde, dass sich Schwangere wie Frauen im gebärfähigen Alter ernähren und zusätzlich, wie empfohlen, 150 µg Jod supplementieren. Zu beachten ist, dass das BfR eine Jodsupplementierung in der Schwangerschaft nur nach vorheriger individueller Anamnese und Beurteilung der Versorgungssituation empfiehlt (BfR, 2021a).

Tab. 8: Basisexposition* für Jod in µg pro Tag für Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands bei Auswahl vornehmlich konventionell erzeugter Lebensmittel im UB (Basis: NVS II; Ausschluss von Jugendlichen unter 18 Jahren).

	N	Exposition in µg/Tag	
		P50	P95
Männlich (♂)	6.522	137	239
Weiblich (♀)	6.660	119	195
18–40 Jahre ♂	2.546	139	245
18–40 Jahre ♀	2.435	117	195
41–60 Jahre ♂	2.400	139	238
41–60 Jahre ♀	2.392	120	195
≥61 Jahre ♂	1.577	132	232
≥61 Jahre ♀	1.833	119	193
Schwangere**	3.724	268	345

N: Anzahl Befragte (NVS II)

* Die Basisexposition setzt sich aus der Jodexposition unter Ausschluss algenhaltiger Lebensmittel und unter Addition einer pauschalen Jodaufnahme für die Verwendung von jodiertem Speisesalz im Haushalt für männliche (21 µg/Tag) und weibliche (18 µg/Tag) Teilnehmer sowie einer pauschalen Jodsupplementierung (150 µg/Tag) für Frauen im gebärfähigen Alter zusammen.

**Die Werte beziehen sich nicht auf Verzehrdaten von Schwangeren, sondern bilden ein Szenario, indem sich Schwangere wie Frauen im gebärfähigen Alter ernähren und zusätzlich wie empfohlen 150 µg Jod pro Tag supplementieren.

b) Jodexposition über den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel

- Standardszenario**

Im Standardszenario zeigt sich, dass Männer über alle Perzentile hinweg eine höhere Jodzufuhr haben als Frauen (Tab. 9).

Innerhalb der verschiedenen Altersgruppen würden Männer unter 40 Jahren sowohl im median als auch im 95. Perzentil die vergleichsweise höchste Zufuhr (P50: 195 µg/Tag; P95:

1.657 µg/Tag) aufweisen. Dabei übersteigt die Jodzufuhr im P95 die der anderen Altersgruppen um fast das Doppelte.

Auch die Schätzung für Schwangere deutet mit bis zu 1178 µg/Tag im 95. Perzentil auf eine besonders hohe mögliche Zufuhr hin. Diese resultiert aus der Kombination einer hohen Exposition durch den Verzehr von Algen und der zusätzlich berücksichtigten Supplementation von 150 µg/Tag Jod.

Personen über 60 Jahre haben im Vergleich zu den anderen Altersgruppen niedrigere Expositionen; nur im P95 übersteigt die Exposition der Männer über 60 Jahren (740 µg/Tag) die der Frauen unter 40 Jahren (726 µg/Tag).

Eine Überschreitung des UL (600 µg/Tag) ergibt sich in dem hier berechneten Standardszenario ab dem 90. Perzentil der Männer von 18 bis 60 Jahren und in dem für Schwangere berechneten Szenario. Im P95 liegen alle Altersgruppen über dem UL (Tab. 9).

Tab. 9: Jodexposition im **Standardszenario*** für den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel und sonstiger Lebensmittel in µg pro Tag (µg/Tag) für Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: NVS II: Ausschluss von Jugendlichen unter 18 Jahren, P50; Verbraucherbefragung: nur Verzehrer algenhaltiger Lebensmittel).

	N	Exposition in µg/Tag					
		P50	P60	P70	P80	P90	P95
Männlich (♂)	553	179	221	264	346	669	1157
Weiblich (♀)	602	161	214	249	332	546	806
18–40 Jahre ♂	267	195	251	292	371	748	1657
18–40 Jahre ♀	289	169	220	256	364	542	726
41–60 Jahre ♂	199	171	219	254	309	618	869
41–60 Jahre ♀	193	185	226	257	407	593	909
≥61 Jahre ♂	87	160	200	227	262	523	740
≥61 Jahre ♀	120	134	188	247	249	428	682
Schwangere**	376	320	371	407	522	709	1178

N: Anzahl Befragte (Verbraucherbefragung)

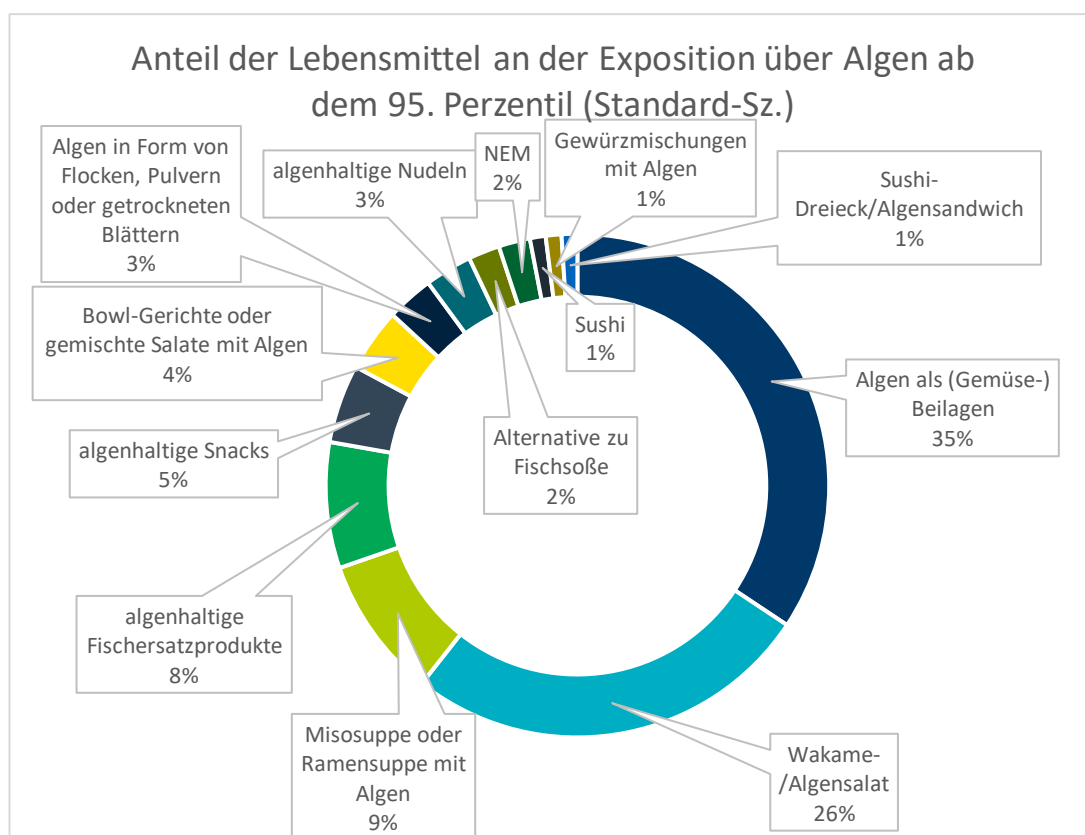
* Die Exposition setzt sich aus der Basisexposition (Tab. 8) im P50 und der Exposition durch den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel im Standardszenario zusammen.

** Die Werte beziehen sich nicht auf Verzehrdaten von Schwangeren, sondern bilden ein Szenario, indem sich Schwangere wie Frauen im gebärfähigen Alter ernähren und zusätzlich wie empfohlen 150 µg Jod pro Tag supplementieren.

Im Standardszenario haben die Lebensmittel Wakamesalat und Algen als Beilage für Personen, die Algen verzehren, ab dem 95. Perzentil den größten Anteil an der Exposition. Zusammen sind sie für über 60 % der Exposition verantwortlich (* Als hochexponiert werden Personen bezeichnet, die algenhaltige Lebensmittel und NEM verzehren und deren Jodexposition $\geq$ 95. Perzentil entspricht).

Abbildung 1). Das liegt zum einen an der relativ großen Portionsgröße (jeweils 21,2 g getrocknete Alge), die mit dem zugeordneten Gehaltswert von 203,8 mg/kg TM Jod zu einem Jodgehalt von 4.300 µg pro Portion führt (Anhang A2). Gleichzeitig sind diese beiden Lebensmittel bei Personen über dem 95. Perzentil unter den häufigsten verzehrten algenhaltigen Lebensmitteln (Daten nicht dargestellt).

Wegen des besonders hohen Expositionswertes von Männern unter 40 Jahren im 95. Perzentil wurden die Anteile der Lebensmittel an der Exposition in dieser Personengruppe ebenfalls gesichtet (N = 11; Daten nicht gezeigt). Hier zeigt sich ein ähnlich hoher Einfluss von Wakamesalat und Algen als Beilage auf die Exposition. Einerseits liegen 7 der 11 Personen durch den häufigen Verzehr von Wakamesalat oder Algen als Beilage über dem 95. Perzentil. Andererseits verzehren diese Personen im Durchschnitt 11 verschiedene algenhaltige Lebensmittel. Hier ergeben sich die hohen Expositionswerte vermutlich aus einer Kombination an häufigem und vielfältigem Verzehr von Algenprodukten.



* Als hochexponiert werden Personen bezeichnet, die algenhaltige Lebensmittel und NEM verzehren und deren Jodexposition $\geq 95.$ Perzentil entspricht.

Abbildung 1 Anteile algenhaltiger Lebensmittel an der Exposition über Algen für Hochexponierte* (Anhang A2).

Der Vergleich der Expositionswerte des Standardszenarios mit dem UL (600 µg/Tag) zeigt, dass der UL im P50 bis zu 32 % (Männer unter 40 Jahre) ausgeschöpft wird. Bei der Schätzung für Schwangere liegt die Ausschöpfung bei 53 %. Bis zum P80 liegen alle Personengruppen unter einer vollständigen Ausschöpfung des UL. Ab dem P95 liegt die Jodexposition aller Personengruppen über dem UL (Tab. 10).

Tab. 10: Ausschöpfung des UL in Höhe von **600 µg pro Tag** (µg/Tag) für Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands im **Standardszenario*** im UB (Basis: NVS II: Ausschluss von Jugendlichen unter 18 Jahren, P50; Verbraucherbefragung: nur Verzehrer algenhaltiger Lebensmittel).

	N	Ausschöpfung des UL in %					
		P50	P60	P70	P80	P90	P95
Männlich (♂)	553	30	37	44	58	111	193
Weiblich (♀)	602	27	36	41	55	91	134
18–40 Jahre ♂	267	32	42	49	62	125	276
18–40 Jahre ♀	289	28	37	43	61	90	121
41–60 Jahre ♂	199	29	36	42	51	103	145
41–60 Jahre ♀	193	31	38	43	68	99	151
≥61 Jahre ♂	87	27	33	38	44	87	123
≥61 Jahre ♀	120	22	31	41	42	71	114
Schwangere**	376	53	62	68	87	118	196

UL: tolerable upper intake level; N: Anzahl Befragte (Verbraucherbefragung)

*Die Exposition setzt sich aus der Basisexposition (Tab. 8) im P50 und der Exposition durch den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel im Standardszenario zusammen.

**Die Werte beziehen sich nicht auf Verzehrsdaten von Schwangeren, sondern bilden ein Szenario, indem sich Schwangere wie Frauen im gebärfähigen Alter ernähren und zusätzlich wie empfohlen 150 µg Jod pro Tag supplementieren.

• **Kombu-Szenario**

Im Kombu-Szenario wurde der Einfluss einer hohen Aufnahme an Kombu auf die Jodexposition betrachtet. Dabei wurde für potentiell Kombu-haltige Lebensmittel angenommen, dass der Algenanteil zu 100 % aus Kombu besteht. Dieses Szenario soll ausschließen, dass über zu niedrig gewählte Anteile an Kombu ein Überschreiten des UL im P50 übersehen wird.

Ausgehend vom Standardszenario wurde in diesem Szenario angenommen, dass sämtliche algenhaltigen Lebensmittel, die laut Recherche Kombu enthalten können (Misosuppe oder Ramensuppe; Algenflocken, -pulver oder getrocknete Blätter; Gewürzmischungen mit Algen und Alternative zu Fischsoße), ausschließlich Kombu enthalten. Für Algennudeln wurde ebenfalls ein Anteil von 100 % an Kombu angenommen, da die Herstellung von Algennudeln ein mögliches Anwendungsgebiet von Kombu ist (Fradinho et al., 2019), obwohl kein entsprechendes Produkt recherchiert werden konnte. Alle weiteren algenhaltigen Lebensmittel wurden mit ihren ursprünglichen Jodgehalten berücksichtigt.

Da Kombu im Vergleich zu den anderen Algensorten erheblich höhere und stark schwankende Jodgehalte aufweist und gleichzeitig die Annahme der Anteile an Kombu je Lebensmittel mit großen Unsicherheiten verbunden ist, sollte überprüft werden, wie sich übermäßig hohe Anteile an Kombu auf die Exposition, insbesondere im P50 auswirken.

Generell liegen die Expositionswerte im Kombuszenario durchgehend über den Werten im Standardszenario. Auch im Kombuszenario haben Personen höheren Alters eine tendenziell

niedrigere Jodexpositionen. Die Exposition von Männern liegt ebenfalls über der Jodexposition von Frauen, auch wenn der Unterschied niedriger ausfällt als im Standardszenario. Der Unterschied zwischen Kombu- und Standardszenario wird mit steigenden Perzentilen höher, was zeigt, dass der Verzehr von Kombu relevanter ist für Personen mit hoher Exposition (Tab. 11).

Tab. 11: Jodexposition im Kombu-Szenario* für den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel und sonstiger Lebensmittel in µg pro Tag (µg/Tag) für Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: NVS II: Ausschluss von Jugendlichen unter 18 Jahren, P50; Verbraucherbefragung: nur Verzehrer algenhaltiger Lebensmittel).

	N	Exposition in µg/Tag					
		P50	P60	P70	P80	P90	P95
Männlich (♂)	553	217	266	359	540	1.488	3.984
Weiblich (♀)	602	202	247	358	479	1.065	2.305
18–40 Jahre ♂	267	240	300	425	717	2.793	5.876
18–40 Jahre ♀	289	227	302	392	548	1.382	5.421
41–60 Jahre ♂	199	208	229	311	484	1.192	2.552
41–60 Jahre ♀	193	200	248	352	475	882	1.482
≥61 Jahre ♂	87	205	219	268	502	1.289	2.121
≥61 Jahre ♀	120	136	196	247	328	720	1.265
Schwangere**	376	369	433	539	709	1.490	5.124

N: Anzahl Befragte (Verbraucherbefragung)

*Die Exposition setzt sich aus der Basisexposition (Tab. 8) im P50 und der Exposition durch den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel zusammen. Die Exposition über algenhaltige Lebensmittel berücksichtigt einen Anteil von 100 % Kombu für Lebensmittel, die Kombu enthalten können und algenhaltige Nudeln.

**Die Werte beziehen sich nicht auf Verzehrdaten von Schwangeren, sondern bilden ein Szenario, indem sich Schwangere wie Frauen im gebärfähigen Alter ernähren und zusätzlich wie empfohlen 150 µg Jod pro Tag supplementieren.

Trotz der Überschätzung des Anteils von Kombu in den Lebensmitteln, liegen alle Personengruppen bis zum 70. Perzentil unter dem UL. Eine Ausschöpfung des UL ist im 80. Perzentil für Männer unter 40 Jahren und für Schwangere zu sehen. Ab dem 90. Perzentil liegt die Ausschöpfung des UL aller Personengruppen bei über 100 % (Tab. 12).

Die Ergebnisse des Kombuszenarios zeigen, dass selbst bei hohen Anteilen an Kombu in algenhaltigen Lebensmitteln erst ab dem 80. Perzentil der UL überschritten wird. Damit konnte deutlich gemacht werden, dass ein hoher Anteil an Kombu in Kombu-haltigen Lebensmitteln, trotz des hohen Jodgehalts, nicht automatisch zu einer Überschreitung des UL im P50 führt.

Tab. 12: Ausschöpfung des UL in Höhe von **600 µg pro Tag** (µg/Tag) für Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands im **Kombu-Szenario*** im UB (Basis: NVS II: Ausschluss von Jugendlichen unter 18 Jahren, P50; Verbraucherbefragung: nur Verzehrer algenhaltiger Lebensmittel).

	N	Ausschöpfung des UL in %					
		P50	P60	P70	P80	P90	P95
Männlich (♂)	553	36	44	60	90	248	664
Weiblich (♀)	602	34	41	60	80	178	384
18–40 Jahre ♂	267	40	50	71	119	466	979
18–40 Jahre ♀	289	38	50	65	91	230	903
41–60 Jahre ♂	199	35	38	52	81	199	425
41–60 Jahre ♀	193	33	41	59	79	147	247
≥61 Jahre ♂	87	34	37	45	84	215	353
≥61 Jahre ♀	120	23	33	41	55	120	211
Schwangere**	376	62	72	90	118	248	854

UL: tolerable upper intake level; N: Anzahl Befragte (Verbraucherbefragung)

*Die Exposition setzt sich aus der Basisexposition (Tab. 8) im P50 und der Exposition durch den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel zusammen. Die Exposition über algenhaltige Lebensmittel berücksichtigt einen Anteil von 100 % Kombu für Lebensmittel, die Kombu enthalten können und algenhaltige Nudeln.

**Die Werte beziehen sich nicht auf Verzehrdaten von Schwangeren, sondern bilden ein Szenario, indem sich Schwangere wie Frauen im gebärfähigen Alter ernähren und zusätzlich wie empfohlen 150 µg Jod pro Tag supplementieren.

• **Wakamesalat-Szenario**

Das **Wakamesalat-Szenario** leitet sich ebenfalls vom Standardszenario ab. Da die Lebensmittel Wakamesalat und (Gemüse-) Beilagen aufgrund des häufigen Verzehrs und der hohen durchschnittlichen Portionsgrößen einen hohen Anteil an der Jodexposition haben können, wurde im Wakamesalat-Szenario der mögliche Einfluss einer geringeren Portionsgröße sowie das Auswaschen von Jod durch Einweichen der Algen auf die Jodexposition betrachtet.

Das Wakamesalat-Szenario berücksichtigt die Lebensmittel Wakame/Algensalat und Algen als (Gemüse-) Beilagen mit einer Portionsgröße von 11 g anstelle von 21 g getrocknete Alge und einem reduzierten Jodgehalt, welcher sich durch Auswaschen des Jods während der Zubereitung ergibt (Correia et al., 2021).

Um abzuschätzen, ob bei Wakamesalat und Algen als Beilage die verwendete Portionsgröße, die mit Unsicherheiten behaftet ist, oder die Tatsache, dass kein Verarbeitungsfaktor verwendet wurde, zu einer Überschätzung der Expositionen geführt haben könnte, wurde das Wakamesalat-Szenario erstellt.

In diesem Szenario wurden bewusst Variablen geändert, die in niedrigeren Werten für die Exposition über Wakamesalat und Algen als Beilage resultieren, um abzuschätzen ob der hohe Einfluss dieser Lebensmittel besonders im 95. Perzentil maßgeblich von einer Überschätzung der Portionsgröße bzw. der Gehalte in Wakamesalat und Algen als Beilage

abhängt. In diesem Szenario wurde von einer niedrigeren Portionsgröße ausgegangen, die sich an der in einer Untersuchung von (Aakre et al., 2023) verwendeten Portion von 80 g verzehrfertigem Wakamesalat orientiert⁹. Außerdem wurde davon ausgegangen, dass sich durch das Auswaschen bei der Verarbeitung der Jodgehalt von Wakame um 27,3 % reduziert (Correia et al., 2021), siehe Tab. 13.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Expositionen im Median (P50) kaum verändern. Bei Personen über 60 Jahren ist kein Unterschied zum Standardszenario zu erkennen, was darauf hindeutet, dass in dieser Altersgruppe im 50. Perzentil kaum Wakamesalat verzehrt wird. Der Unterschied wird deutlicher ab dem 80. Perzentil. Besonders bei Frauen zwischen 41 und 60 Jahren ist hier eine Reduktion von 407 auf 288 µg/Tag zu sehen, was darauf hindeutet, dass die betroffenen Lebensmittel von dieser Personengruppe teilweise in hohen Mengen verzehrt werden (Tab. 13).

Tab. 13: Jodexposition im **Wakamesalat-Szenario*** für den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel und sonstiger Lebensmittel in µg pro Tag (µg/Tag) für Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: NVS II: Ausschluss von Jugendlichen unter 18 Jahren, P50; Verbraucherbefragung: nur Verzehrer algenhaltiger Lebensmittel).

	N	Exposition in µg/Tag					
		P50	P60	P70	P80	P90	P95
Männlich (♂)	553	171	206	253	309	542	870
Weiblich (♀)	602	154	189	247	286	416	637
18–40 Jahre ♂	267	187	222	270	348	612	1462
18–40 Jahre ♀	289	166	200	245	306	417	610
41–60 Jahre ♂	199	169	184	236	287	450	744
41–60 Jahre ♀	193	162	200	248	288	437	709
≥61 Jahre ♂	87	160	164	193	261	432	646
≥61 Jahre ♀	120	134	151	233	247	336	504
Schwangere**	376	310	345	396	457	590	934

N: Anzahl Befragte (Verbraucherbefragung)

*Die Exposition setzt sich aus der Basisexposition (Tab. 8) im P50 und der Exposition durch den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel zusammen. Die Exposition über algenhaltige Lebensmittel berücksichtigt eine Menge an getrockneten Algen von 11 g für die Lebensmittel Wakame / Algensalat und Algen als (Gemüse-) Beilagen und eine Reduktion des Jodgehalts für Wakame um 27,3 %. Beim Verzehr beider Lebensmittel wird nur ein Lebensmittel einbezogen.

**Die Werte beziehen sich nicht auf Verzehrdaten von Schwangeren, sondern bilden ein Szenario, indem sich Schwangere wie Frauen im gebärfähigen Alter ernähren und zusätzlich wie empfohlen 150 µg Jod pro Tag supplementieren.

⁹ Die Portionsgröße von Aakre I, Tveit IB, Myrmet LS, Fjaere E, Ballance S, Rosendal-Riise H (2023). Bioavailability of iodine from a meal consisting of sushi and a wakame seaweed salad-A randomized crossover trial. Food Sci Nutr. 11: 7707-7717.diente lediglich als Orientierung. Bei der vorliegenden Expositionsschätzung im Wakamesalat-Szenario wurde für diese Portionsgröße eine Menge von 11 g getrocknete Alge pro Portion Wakamesalat bzw. Algen als (Gemüse) Beilage berechnet.

Im Vergleich zum Standardszenario überschreiten weniger Personengruppen den UL. Im 90. Perzentil sinkt die Exposition der Männer einschließlich der zwischen 41 und 60 Jahren und der Schwangeren unter den UL. Ebenso fällt die Jodexposition bei Frauen über 60 Jahren im 95. Perzentil unter den UL. Alle anderen Personengruppen überschreiten den UL im 95. Perzentil weiterhin (Tab. 14).

Die Ergebnisse des Szenarios zeigen, dass sich das Risiko, den UL zu überschreiten, nur für einige Personengruppen verringert. Jedoch übersteigt die Jodexposition fast aller Personengruppen noch immer den UL im P95. Damit wurde gezeigt, dass die potentielle Überschätzung der Exposition über Wakamesalat und Algen als Beilagen keinen großen Einfluss auf das Gesamtergebnis hat.

Tab. 14: Ausschöpfung des UL in Höhe von **600 µg pro Tag** (µg/Tag) für Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands im **Wakamesalatszenario*** im UB (Basis: NVS II: Ausschluss von Jugendlichen unter 18 Jahren, P50; Verbraucherbefragung: nur Verzehrer algenhaltiger Lebensmittel).

	N	Ausschöpfung des UL in %					
		P50	P60	P70	P80	P90	P95
Männlich (♂)	553	29	34	42	51	90	145
Weiblich (♀)	602	26	31	41	48	69	106
18–40 Jahre ♂	267	31	37	45	58	102	244
18–40 Jahre ♀	289	28	33	41	51	70	102
41–60 Jahre ♂	199	28	31	39	48	75	124
41–60 Jahre ♀	193	27	33	41	48	73	118
≥61 Jahre ♂	87	27	27	32	43	72	108
≥61 Jahre ♀	120	22	25	39	41	56	84
Schwangere**	376	52	58	66	76	98	156

UL: tolerable upper intake level; N: Anzahl Befragte (Verbraucherbefragung)

*Die Exposition setzt sich aus der Basisexposition (Tab. 8) im P50 und der Exposition durch den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel zusammen. Die Exposition über algenhaltige Lebensmittel berücksichtigt eine Portionsgröße von 11 g für die Lebensmittel Wakame / Algensalat und Algen als (Gemüse-) Beilagen und eine Reduktion des Jodgehalts für Wakame um 27,3 %. Beim Verzehr beider Lebensmittel wird nur ein Lebensmittel einbezogen.

**Die Werte beziehen sich nicht auf Verzehrdaten von Schwangeren, sondern bilden ein Szenario, indem sich Schwangere wie Frauen im gebärfähigen Alter ernähren und zusätzlich wie empfohlen 150 µg Jod pro Tag supplementieren.

Die Verringerung der Portionsgröße und der Einbezug des Auswaschungsfaktors hat eine Verringerung des Jodgehalts pro Portion Wakamesalat (bzw. Algen als Beilage) von 4.300 µg pro Portion auf 1.630 µg pro Portion zur Folge (siehe Anhang A2). Es bleibt zu bedenken, dass auch ein Jodgehalt von 1630 µg pro Portion noch vergleichsweise hoch ist und immer noch eine Überschätzung darstellen kann. Um Unsicherheiten zu reduzieren, braucht es allgemein mehr Messwerte in verzehrsfertigen algenhaltigen Lebensmitteln oder Studien zu Verarbeitungsfaktoren.

• Höchstgehaltszenario

Im **Höchstgehalt-Szenario** wurde die Einhaltung des vorgeschlagenen Höchstgehalts für Jod in Algen (1 g Jod pro kg getrocknete Algen) simuliert. Dafür wurden sämtliche Jodgehalte oberhalb des theoretischen Höchstgehalts von der Auswertung ausgeschlossen. Das betraf Lebensmittel, die Kombu und Nori enthalten (siehe Tab. 4 und dw: Trockengewicht

*Es werden ausschließlich Lebensmittel und Produkte angezeigt mit einer Probenzahl von $N \geq 10$.

Abbildung 2).

Im Vergleich zum Standardszenario kann im Höchstgehaltszenario eine teilweise moderate Senkung der Jodexposition beobachtet werden. Am deutlichsten fällt dieser Unterschied bei Frauen über 60 Jahren im P95 auf. Hier beträgt die Jodexposition im Höchstgehaltszenario etwa 75 % der Exposition im Standardszenario. Für die weiteren Personengruppen sinkt die Jodexposition um bis zu 20 %. Es ist jedoch anzumerken, dass sich das Höchstgehaltszenario sehr unspezifisch auf die Exposition der einzelnen Personengruppen auswirkt. Beispielsweise zeigen Frauen über 60 Jahre, trotz des stärksten Abfalls der Jodexposition im 95. Perzentil, sowohl im Standardszenario als auch im Höchstgehaltszenario eine nahezu identische Exposition im P50, P70, P80 und P90 (Tab. 15).

Tab. 15: Jodexposition im **Höchstgehaltszenario*** für den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel und sonstiger Lebensmittel in μg pro Tag ($\mu\text{g}/\text{Tag}$) für Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: NVS II: Ausschluss von Jugendlichen unter 18 Jahren, P50; Verbraucherbefragung: nur Verzehrer algenhaltiger Lebensmittel).

	N	Exposition in $\mu\text{g}/\text{Tag}$					
		P50	P60	P70	P80	P90	P95
Männlich (♂)	553	162	194	230	297	566	922
Weiblich (♀)	602	141	196	247	280	482	648
18–40 Jahre ♂	267	173	221	255	327	603	1.366
18–40 Jahre ♀	289	145	195	235	287	464	640
41–60 Jahre ♂	199	156	176	226	269	536	791
41–60 Jahre ♀	193	147	203	248	377	535	839
≥ 61 Jahre ♂	87	152	187	210	261	522	617
≥ 61 Jahre ♀	120	131	164	247	248	411	503
Schwangere**	376	294	346	392	440	639	991

N: Anzahl Befragte (Verbraucherbefragung)

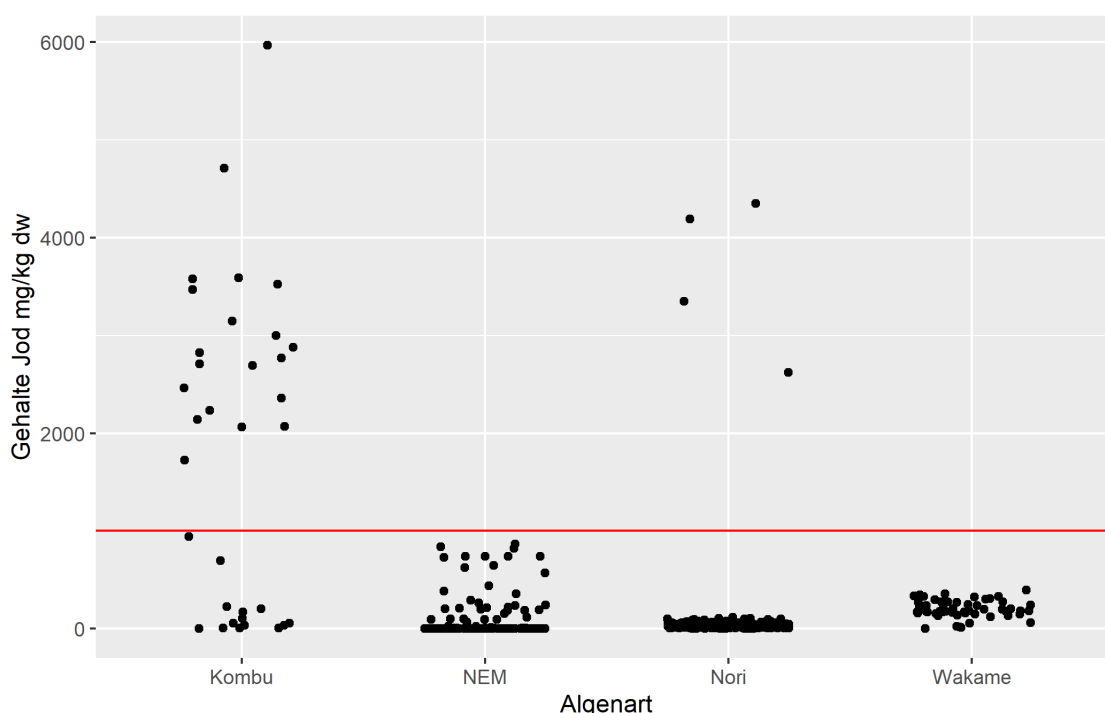
*Die Exposition setzt sich aus der Basisexposition (Tab. 8) im P50 und der Exposition durch den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel zusammen. Die Exposition über algenhaltige Lebensmittel schließt Jodkonzentrationen über 1 g Jod pro kg getrocknete Algen aus.

**Die Werte beziehen sich nicht auf Verzehrdaten von Schwangeren, sondern bilden ein Szenario, indem sich Schwangere wie Frauen im gebärfähigen Alter ernähren und zusätzlich wie empfohlen 150 μg Jod pro Tag supplementieren.

Aus dw: Trockengewicht

*Es werden ausschließlich Lebensmittel und Produkte angezeigt mit einer Probenzahl von $N \geq 10$.

Abbildung 2 wird deutlich, dass sich eine solche Verringerung der Jodkonzentration ausschließlich auf die Algenarten Kombu und Nori auswirkt. Für Kombu lag der Jodgehalt von 20 der 34 Proben oberhalb des theoretischen Höchstgehalts. Bei einem Ausschluss der Jodkonzentrationen oberhalb des Höchstgehalts, liegt der durchschnittliche Jodgehalt von Kombu bei 181,7 mg/kg. Für die Algenart Nori lagen 4 der 320 Messungen oberhalb des theoretischen Höchstgehalts. Im Höchstgehaltszenario verringert sich der Jodgehalt nach Ausschluss dieser vier Proben auf 33,3 mg/kg. Aufgrund der Verteilung der Einzelwerte zum Jodgehalt von Nori scheint es naheliegend, dass die vier Jodkonzentrationen oberhalb des theoretischen Höchstgehalts Ausreißer sind. Für die weiteren Algenarten und algenhaltigen Lebensmittel aus Tab. 7 ändern sich die Jodgehalte im Höchstgehaltszenario nicht, weil keine Jodkonzentration oberhalb von 1 g/kg TM bestimmt wurde.



dw: Trockengewicht

*Es werden ausschließlich Lebensmittel und Produkte angezeigt mit einer Probenzahl von $N \geq 10$.

Abbildung 2: Verteilung des Jodgehalts in Algen und Nahrungsergänzungsmitteln* unter Einbeziehung des theoretischen Höchstgehalts (1.000 mg/kg).

Das teilweise moderate Absinken der Jodexposition im Höchstgehaltszenario wirkt sich nur geringfügig auf die Ausschöpfung bzw. Überschreitung des UL aus (Tab. 16). Die Exposition im P90 liegt noch immer nahe am UL. Im 95. Perzentil übersteigt die Jodexposition sämtlicher Personengruppen, bis auf Frauen über 60 Jahre, den UL. Frauen über 60 Jahre sind die einzige Personengruppe, deren Jodexposition auch im P95 den UL nicht überschreitet.

Anhand des Höchstgehaltszenarios kann man erkennen, dass die Einhaltung des theoretischen Höchstgehalts für Jod in Algen (1 g/kg TM) nicht für alle Personengruppen zu

einem deutlichen Absinken der Jodexposition führt. Besonders im P95 wäre die Einhaltung des Höchstgehalts nicht ausreichend, um ein Überschreiten des UL zu verhindern.

Es lässt sich ebenfalls erkennen, dass das Szenario für einige Personengruppen nur einen sehr geringen Einfluss auf die Jodexposition hat. Da sich eine Verringerung des Jodgehalts auf maximal 1 g/kg nur auf Nori und Kombu beziehen würde, sind auch nur Lebensmittel, die diese Algen enthalten, von einer solchen Maßnahme betroffen. Im P95 trugen besonders Wakamesalat und Algen als (Gemüse-) Beilagen zur Jodexposition über algenhaltige Lebensmittel bei (* **Als** hochexponiert werden Personen bezeichnet, die algenhaltige Lebensmittel und NEM verzehren und deren Jodexposition $\geq$ 95. Perzentil entspricht).

Abbildung 1). Diese Lebensmittel wären jedoch von dem theoretischen Höchstgehalt nicht betroffen, weil Wakame keine Werte über dem vorgeschlagenen Höchstgehalt aufwies (siehe Tab. 7 und Abb. 2).

Es ist unklar, ob eine realistische Senkung des Jodgehalts in Algen zu einer deutlichen Verringerung der Jodexposition führt. Verzehrsgewohnheiten, besonders von Hochexponierten (P95), weisen auf einen überwiegenden Verzehr von algenhaltigen Lebensmitteln hin, die nicht durch die Festsetzung eines Höchstgehalts erfasst würden.

Tab. 16: Ausschöpfung des UL in Höhe von **600 µg pro Tag** für Erwachsene in Deutschland im **Höchstgehaltszenario*** im UB (Basis: NVS II: Ausschluss von Jugendlichen unter 18 Jahren, P50; Verbraucherbefragung: nur Verzehrer algenhaltiger Lebensmittel).

	N	Ausschöpfung des UL in %					
		P50	P60	P70	P80	P90	P95
Männlich (♂)	553	27	32	38	49	94	154
Weiblich (♀)	602	24	33	41	47	80	108
18–40 Jahre ♂	267	29	37	42	55	100	228
18–40 Jahre ♀	289	24	32	39	48	77	107
41–60 Jahre ♂	199	26	29	38	45	89	132
41–60 Jahre ♀	193	25	34	41	63	89	140
≥61 Jahre ♂	87	25	31	35	43	87	103
≥61 Jahre ♀	120	22	27	41	41	68	84
Schwangere**	376	49	58	65	73	107	165

UL: *tolerable upper intake level*; N: Anzahl Befragte (Verbraucherbefragung)

*Die Exposition setzt sich aus der Basisexposition (Tab. 8) im P50 und der Exposition durch den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel zusammen. Die Exposition über algenhaltige Lebensmittel schließt Jodkonzentrationen über 1 g Jod pro kg getrocknete Algen aus.

**Die Werte beziehen sich nicht auf Verzehrdaten von Schwangeren, sondern bilden ein Szenario, indem sich Schwangere wie Frauen im gebärfähigen Alter ernähren und zusätzlich wie empfohlen 150 µg Jod pro Tag supplementieren.

• **P95-Szenario**

Das **P95-Szenario** stellt die Exposition von Verzehrnern algenhaltiger Lebensmittel dar, die bereits durch den Verzehr nicht-algenhaltiger Lebensmittel eine hohe Jodexposition aufweisen. Dazu wurde die Basisexposition im 95. Perzentil mit der medianen Jodexposition über den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel und NEM kombiniert.

Im Gegensatz zum Standardszenario basiert das P95-Szenario bei der Basisexposition im P95 und ergänzt die Exposition über den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel im P50, so dass Verbraucher mit einer hohen Basisexposition gegenüber Jod und einer medianen Exposition über algenhaltige Lebensmittel dargestellt werden. Der UL wird bei keiner Personengruppe überstiegen. Die Ausschöpfung des UL ist mit 66 % bei den Schwangeren sowie mit 50 % bei den Männern unter 40 Jahren am höchsten. Die Auswertung verdeutlicht, dass auch bei hoher Basisexposition eine Überschreitung des UL bei moderatem Verzehr von algenhaltigen Lebensmitteln nicht zu erwarten ist.

Tab. 17: Jodexposition in µg pro Tag (µg/Tag) und Ausschöpfung des UL in Höhe von **600 µg pro Tag** (µg/Tag) im **P95-Szenario*** für den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel und sonstiger Lebensmittel für Erwachsene in der Bevölkerung Deutschlands im UB (Basis: NVS II: Ausschluss von Jugendlichen unter 18 Jahren, P95; Verbraucherbefragung: nur Verzehrer algenhaltiger Lebensmittel, P50).

	N	Exposition in µg/Tag	Ausschöpfung des UL in %
Männlich (♂)	553	281	47
Weiblich (♀)	602	237	39
18–40 Jahre ♂	267	301	50
18–40 Jahre ♀	289	246	41
41–60 Jahre ♂	199	271	45
41–60 Jahre ♀	193	261	44
≥61 Jahre ♂	87	260	43
≥61 Jahre ♀	120	209	35
Schwangere**	376	397	66

N: Anzahl Befragte (NVS II)

* Die Exposition setzt sich aus der Basisexposition (Tab. 8) im P95 und der Exposition durch den Verzehr algenhaltiger Lebensmittel im P50 zusammen.

**Die Werte beziehen sich nicht auf Verzehrsdaten von Schwangeren, sondern bilden ein Szenario, indem sich Schwangere wie Frauen im gebärfähigen Alter ernähren und zusätzlich wie empfohlen 150 µg Jod pro Tag supplementieren.

3.1.3.6 Unsicherheiten

Neben den für Expositionsberechnungen üblichen Unsicherheiten, die sich aus den Verzehrerhebungen und Gehaltsanalysen sowie dem Mapping der Daten ergeben (siehe auch Stellungnahme Nr. 005/2021 (BfR, 2021b)), sind bei der Expositionsschätzung von Jod über den Verzehr von Algen/-produkten folgende weitere Unsicherheiten zu berücksichtigen.

Durch die vom BfR initiierte Algenbefragung wurden Häufigkeiten erfragt, die in tägliche Verzehrsmengen umgerechnet wurden. Zur Umrechnung wurden den algenhaltigen

Lebensmitteln Portionsgrößen bzw. Algenanteile einer Portion und Algenarten (bzw. Algensorten) zugeordnet, die sich aus der Recherche einer limitierten Anzahl von Rezepten und Produkten ergaben, die nicht als repräsentativ gewertet werden können. Im Fall der algenhaltigen Lebensmittel wird die Vielfalt an Produkten, unterschiedlichen Algenanteilen und enthaltenen Algenarten besonders groß eingeschätzt.

Es ist zusätzlich zu bedenken, dass Studienteilnehmende dasselbe Verzehrereignis bei mehreren Lebensmitteln genannt haben könnten. Beispielsweise ist nicht auszuschließen, dass der Verzehr von Flocken aus Algen auch über die Frage nach Bowlgerichten mit Algen genannt wurde und somit doppelt in die Auswertung eingegangen ist, was zu einer Überschätzung der Exposition führen würde. Diese Unsicherheit wurde im Fall der Lebensmittel Wakamesalat und Alge als Beilage berücksichtigt, indem von diesen jeweils nur der höhere Verzehr berücksichtigt wurde. Dieses Vorgehen kann aber zu einer Unterschätzung führen, wenn Personen tatsächlich beide Lebensmittel verzehrt haben.

Außerdem wurden grundsätzlich (außer im Wakamesalat-Szenario) keine Verarbeitungsfaktoren berücksichtigt, obwohl getrocknete Algen auch vor der Verarbeitung eingeweicht werden und die Jodgehalte dadurch reduziert werden können. Die Nichtbeachtung von Jodverlusten beim Verarbeiten führt wahrscheinlich zu einer Überschätzung der Zufuhr. Im Kombu-Szenario wurden durch die Recherche potentiell Kombu-haltige Lebensmittel berücksichtigt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es weitere Lebensmittel mit Kombu gibt, so dass eine Unterschätzung vorliegen kann.

3.1.4 Risikocharakterisierung

Das BfR schätzt mit dieser Stellungnahme ein, ob der von der Europäischen Kommission diskutierte Höchstgehalt von 1 g Jod/kg Trockenmasse in Algen geeignet ist, das gesundheitliche Risiko durch den Verzehr von Algen und algenhaltigen Produkten und die damit einhergehende Jodzufuhr für Verbraucherinnen und Verbraucher zu reduzieren. Darüber wird bewertet, ob und in welchem Umfang ergänzende Kennzeichnungsmaßnahmen (z. B. Angaben zum Jodgehalt, Verzehrempfehlungen oder Warnhinweise) nach einer möglichen Einführung eines Höchstgehalts erforderlich sind.

Vor diesem Hintergrund wurde eine Expositionsabschätzung zur Jodzufuhr durch den Verzehr von Algen und algenhaltigen Lebensmitteln durchgeführt, wobei die Jodexposition über alle weiteren Lebensmittel als „Basisexposition“ in die Gesamtbewertung einbezogen wurde. Dabei wurden insbesondere industriell hergestellte algenhaltige Produkte einschließlich Nahrungsergänzungsmitteln betrachtet. Untersucht wurden die Jodexposition von Personen, die Algen/-produkte verzehren, sowohl unter aktuellen Marktbedingungen, d. h. ohne Regelung eines Höchstgehalts, als auch unter Annahme eines Höchstgehalts von 1 g Jod/kg Trockenmasse sowie ergänzend für spezifische Szenarien, darunter ein Szenario mit angepassten Annahmen zu Portionsgrößen und Verarbeitungsverlusten bei Wakame-basierten Produkten sowie ein Szenario mit erhöhtem Anteil jodreicher Algenarten (z. B. Kombu), zur Beurteilung von möglichen Einflussfaktoren.

Es ist darauf hinzuweisen, dass sich die Expositionsschätzung auf Erwachsene ab 18 Jahren beschränkt wurde. Die Ableitung eines Höchstgehalts, der eine Überschreitung der altersspezifischen UL von Kindern und Jugendlichen sicher verhindert, ist auf Grundlage der derzeit verfügbaren Daten zum Verzehr von Algen nicht zielführend. Weiterführende Informationen zur Jodexposition von Kindern und Jugendlichen ohne speziellen Fokus auf

die Jodexposition über den Verzehr von Algen können der Stellungnahme Nr. 026/2022 (BfR, 2022) entnommen werden.

Die dem BfR vorliegenden Gehaltsdaten von Jod in Algen bestätigen, dass die Jodgehalte in Algen stark variieren und sehr hoch sein können. Besonders hohe Jodgehalte wurden für Kombu (mittlerer Gehalt: ca. 1.837 mg/kg Trockengewicht) festgestellt, während andere Algenarten deutlich geringere Konzentrationen aufweisen (z. B. Nori: ca. 78 mg/kg, Wakame: ca. 204 mg/kg Trockengewicht) (Tab. 7).

Die hier durchgeführten Expositionsabschätzungen zeigen, dass die Jodzufuhr über Algen und algenhaltige Lebensmittel in Abhängigkeit von der Art und Menge der verzehrten Algen/-produkte schwankt: Während im Basisszenario ohne Berücksichtigung von Algen von Erwachsenen im Median etwa 119–137 µg Jod/Tag aufgenommen werden (Tab. 8), steigt die Jodaufnahme unter Einbeziehung algenhaltiger Lebensmittel deutlich an: Während im Standardszenario im Median (P50) die Aufnahmen noch unterhalb UL (600 µg/Tag) liegen, wird dieser bei Hochexponierten (ab etwa P90/P95) in allen untersuchten Bevölkerungsgruppen überschritten (Tab. 9). Besonders hohe Aufnahmen zeigen sich bei Männern unter 40 Jahren sowie im Szenario für Schwangere, wobei zu berücksichtigen ist, dass angenommen wurde, dass Schwangere 150 µg Jod pro Tag, wie empfohlen, supplementieren.

Ein wesentlicher Beitrag zur hohen Exposition stammt von einzelnen algenhaltigen Lebensmitteln, die in vergleichsweise großen Portionen verzehrt werden und moderate bis hohe Jodgehalte aufweisen, insbesondere Wakamesalat und algenhaltige Beilagen. Diese können entsprechend den vorliegenden Berechnungen im Einzelfall mehrere Tausend Mikrogramm Jod pro Portion liefern. Auch im Wakamesalat-Szenario, in dem ein Verarbeitungsverlust von Jod versucht wurde zu berücksichtigen, liegt der Jodgehalt pro Portion Wakamesalat noch bei über tausend Mikrogramm (* Als hochexponiert werden Personen bezeichnet, die algenhaltige Lebensmittel und NEM verzehren und deren Jodexposition ≥ 95 . Perzentil entspricht).

Abbildung 1). Allerdings könnte dies eine Überschätzung darstellen (siehe Untersuchungen von Aakre et al., 2023). Analysen der Jodgehalte von verzehrfertigem Wakamesalat sind daher notwendig, um die tatsächliche Exposition besser abschätzen zu können.

Die Auswertung der Szenarien zur Jodexposition über algenhaltige Lebensmittel zeigt ein konsistentes Muster (Tab. 9, Tab. 11, Tab. 13): Während die mediane Jodaufnahme (P50) innerhalb der Gruppe der Algenverzehrenden in allen Szenarien im Bereich des Zufuhrreferenzwerts (150 µg Jod/Tag) liegt, wird das gesundheitliche Risiko maßgeblich durch die oberen Perzentilwerte (insbesondere P90 und P95) bestimmt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich alle dargestellten Perzentile ausschließlich auf Verzehrende algenhaltiger Lebensmittel beziehen und nicht die Gesamtbevölkerung abbilden. Die Ergebnisse beschreiben somit die Exposition innerhalb einer spezifischen Konsumentengruppe mit potenziell erhöhter Aufnahme.

Im Standardszenario, in dem die Jodaufnahme über den Algenverzehr berücksichtigt wurde, treten ab dem 90. Perzentil erste Überschreitungen des UL (600 µg Jod/Tag) auf, während im 95. Perzentil nahezu alle betrachteten Personengruppen den UL teils deutlich überschreiten (Tab. 9).

Die Exposition wird dabei wesentlich durch wenige, aber dominante Lebensmittelkategorien geprägt. Insbesondere Wakame-basierte Produkte wie Wakamesalat sowie Algen als (Gemüse-)Beilage tragen aufgrund vergleichsweise großer Portionen und moderater bis hoher Jodgehalte erheblich zur Gesamtaufnahme bei. Diese Produkte stellen im oberen Expositionsbereich die zentralen Treiber dar (* Als hochexponiert werden Personen bezeichnet, die algenhaltige Lebensmittel und NEM verzehren und deren Jodexposition ≥ 95 . Perzentil entspricht).

Abbildung 1).

Das Wakamesalat-Szenario, in dem eine Verringerung der Portionsgröße und ein Auswaschungsfaktor berücksichtigt wurden, zeigen, dass Annahmen von geringeren Portionsgrößen sowie einer Reduktion des Jodgehalts durch Verarbeitung (z. B. Auswaschung) zu einer geringeren Exposition, insbesondere in den höheren Perzentilen, führen können (Tab. 13).

Die grundsätzliche Risikobewertung wird dadurch jedoch nicht verändert, da auch unter diesen konservativeren Annahmen im oberen Expositionsbereich weiterhin Überschreitungen des UL auftreten können. Dies verdeutlicht, dass die hohe Exposition nicht ausschließlich auf konservative Modellannahmen zurückzuführen ist, sondern strukturell eher durch bestimmte Verzehrsmuster zustande kommt.

Das Kombu-Szenario, in dem für potentiell Kombu-haltige Lebensmittel angenommen wurde, dass der Algenanteil zu 100 % aus Kombu besteht, verdeutlicht demgegenüber die potenzielle obere Expositionsgrenze. Bei Annahme eines extrem hohen Anteils von Kombu (die jodreichste Algensorte) in algenhaltigen Lebensmitteln kommt es zu sehr hohen Jodaufnahmen, insbesondere in bestimmten Produktkategorien (z. B. Nudeln, Fischersatzprodukte; siehe Anhang A2, Tabelle A. 1) und bei Vielverzehrenden (Tab. 11). Die Exposition steigt in diesem Szenario deutlich an und überschreitet den UL teilweise bereits in den mittleren Perzentilen. Dies zeigt, dass im Falle eines zunehmenden Einsatzes stark Jod-akkumulierender Algenarten bei wachsendem Markt das Risiko einer Verschiebung der Jodzufuhr nach oben mit sich bringt.

Das Höchstgehaltsszenario, bei dem sämtliche Einträge mit Jodgehalten oberhalb des diskutierten Grenzwertes von 1 g/kg Trockenmasse ausgeschlossen wurden, zeigt schließlich, dass die Begrenzung der Jodgehalte auf 1 g/kg Trockenmasse nur zu einer moderaten Reduktion der Jodzufuhr führt (Tab. 15). Überschreitungen des UL im oberen Expositionsbereich bleiben dagegen bestehen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei zentralen Expositionsquellen – insbesondere bei Wakame-Produkten und algenhaltige Beilagen – die Jodgehalte der eingesetzten Algen häufig unterhalb des diskutierten Grenzwertes liegen (dw: Trockengewicht).

*Es werden ausschließlich Lebensmittel und Produkte angezeigt mit einer Probenzahl von $N \geq 10$.

Abbildung 2) und somit von einer solchen Maßnahme nicht erfasst würden. Die Ergebnisse zeigen damit, dass die vorgeschlagene Begrenzung des Jodgehalts allein nicht ausreichen würde, das Expositionsrisiko so wirksam zu kontrollieren, dass eine gesundheitlich unbedenkliche Jodzufuhr durch Algen und Algenprodukte in der Bevölkerung sichergestellt würde.

Das Höchstgehaltsszenario zeigt jedoch zugleich, dass durch die Anwendung eines Höchstgehalts zumindest für einzelne Lebensmittelgruppen deutliche Reduktionen der akuten Exposition erreicht werden könnten. So würden die Jodgehalte pro Portion unter Anwendung des Höchstgehalts (siehe Tabelle A1 in Anhang A2) bei algenhaltigen Snacks von 1.041 auf 443 µg und damit um mehr als die Hälfte sinken. Für Misosuppe beziehungsweise Ramensuppe würden sich die Jodgehalte von 1.285 auf 416 µg und damit auf etwa ein Drittel reduzieren. Besonders deutlich wird der Effekt im Vergleich zum Kombu-Szenario: Hier würden sich die Jodgehalte für Misosuppe beziehungsweise Ramensuppe von 3.857 auf 416 µg verringern. Die Ergebnisse verdeutlichen somit, dass ein Höchstgehalt für Jod in Algen insbesondere bei Produkten mit hohen Anteilen jodreicher Algenarten wie Kombu wirksam zur Reduktion der **akuten** Exposition beitragen können.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Jodexposition primär durch das Zusammenwirken mehrerer Faktoren bestimmt wird: hohe und stark variable Jodgehalte je nach Algenart, große Portionsmengen, hohe Verzehrshäufigkeit sowie die Kombination mehrerer

algenhaltiger Produkte. Besonders hohe Aufnahmen entstehen typischerweise nicht durch einzelne Produkte mit sehr hohen Jodgehalten, sondern durch kumulative Effekte.

Im oberen Expositionsbereich kommt es regelmäßig zu Überschreitungen des UL. Diese sind toxikologisch relevant, da Jod aus Algen in erheblichem Umfang bioverfügbar ist (siehe 3.1.1.5) und kontrollierte Humanstudien zeigen, dass erhöhte Jodaufnahmen zu messbaren Veränderungen der Schilddrüsenfunktion, insbesondere zu TSH-Anstiegen, führen können (siehe a)). Das Gefährdungspotenzial ergibt sich aus der Möglichkeit jodinduzierter Schilddrüsenfunktionsstörungen. Während gesunde Erwachsene kurzfristig erhöhte Aufnahmen teilweise kompensieren können, weisen epidemiologische Studien auf eine Assoziation zwischen chronisch exzessiv hoher Jodaufnahme über Algen und einer erhöhten Strumaprävalenz sowie weiteren strukturellen Veränderungen der Schilddrüse hin (b)). Besondere Bedeutung kommt hier u. a. den Schwangeren und Stillenden zu, da der Fetus bzw. das gestillte Kind von der mütterlichen Jodaufnahme abhängig ist. Die Expositionsschätzung zeigt, dass bei Schwangeren besonders hohe Gesamtaufnahmen auftreten können, wenn neben dem Verzehr von Algen/-produkten auch Jod supplementiert wird.

Ein wesentlicher Unsicherheitsfaktor der hier durchgeführten Expositionsschätzungen betrifft die tatsächlichen Jodgehalte in verzehrfertigen Algen/-produkten, wie zum Beispiel Wakame-Salate und Algen-Beilagen. Es ist festzustellen, dass die in den Szenarien angenommenen Gehalte potenziell zu einer Überschätzung der Exposition geführt haben können. Aktuelle Studien zeigen, dass die Jodgehalte in verzehrfertigen Produkten deutlich niedriger liegen können. So wurde in einer Studie von Aakre et al. (2023) für einen kommerziell erhältlichen, verzehrfertigen Wakamesalat ein Jodgehalt von etwa 184 µg pro Portion bestimmt, während in den hier berechneten Szenarien deutlich höhere Werte angenommen wurden (Aakre et al., 2023). Diese Diskrepanz könnte darauf hindeuten, dass Verarbeitungsschritte wie Einweichen, Waschen oder Marinieren, die außer beim Wakamesalat-Szenario hier nicht berücksichtigt wurden, den Jodgehalt erheblich reduzieren können. Gleichzeitig zeigen Literaturdaten, dass das Ausmaß dieser Reduktion stark variieren und von Algenart, Prozessführung und Rezeptur abhängen kann (Blikra et al., 2022). Eine verlässliche Vorhersage des Jodgehalts im verzehrfertigen Endprodukt ist daher nicht möglich. Diese Befunde verdeutlichen, dass ohne systematische Messungen im Endprodukt keine verlässliche Expositionsschätzung bzw. Begrenzung der Jodzufuhr möglich ist. Es besteht daher ein erheblicher Bedarf an Jodgehaltsmessungen entlang der gesamten Lebensmittelkette, einschließlich der Gastronomie und Außer-Haus-Verpflegung, sowohl für Rohwaren als auch für verzehrfertige Speisen.

Die vorliegenden Expositionsschätzungen des BfR lassen sich im Vergleich zu den von der EFSA im Jahr 2023 veröffentlichten Schätzung zur Jodaufnahme über Algen, die eine hohe Variabilität der Expositionsschätzungen aufzeigt (EFSA, 2023), einordnen: Die von der EFSA berichteten mittleren Aufnahmen für Algenverzehrende reichen von etwa 2,2 µg/kg Körpergewicht (KG) pro Tag (ca. 154 µg/Tag bei 70 kg schweren Personen) bis zu 155,1 µg/kg KG pro Tag (ca. 10.857 µg/Tag), wobei hohe Werte auf Datensätzen mit sehr geringer Fallzahl beruhen. Es ist zu berücksichtigen, dass die EFSA selbst auf erhebliche Unsicherheiten hinweist, insbesondere aufgrund der geringen Anzahl an Algenverzehrenden sowie der eingeschränkten Vergleichbarkeit der zugrunde liegenden Verzehrsstudien (EFSA, 2023).

Ein Vergleich mit den EFSA-Daten zeigt, dass Expositionswerte in der vorliegenden BfR-Auswertung bei etwa 150 µg/Tag im Bereich des 70.–80. Perzentils liegen, während Werte um 450–500 µg/Tag dem Bereich des 90. Perzentils entsprechen; zugleich weist die EFSA-Auswertung eine deutlich größere Streuung auf. Die Unterschiede sind im Wesentlichen methodisch bedingt. Die BfR-Schätzungen beruhen auf einer gezielten Erhebung zum Algenverzehr über einen längeren Zeitraum und ermöglichen damit eine differenzierte Erfassung auch seltenen Verzehrs. Zudem wurden ausschließlich Gehaltsdaten mit spezifischer Angabe der Algenart verwendet und mit den Verzehrdaten verknüpft, während in der EFSA-Auswertung teilweise unspezifische Zuordnungen erfolgten, was zusätzliche Unsicherheiten mit sich bringt. Zusammenfassend sind die Ergebnisse aufgrund methodischer Unterschiede nur eingeschränkt vergleichbar. Die vorliegende BfR-Auswertung ist jedoch aufgrund der gezielten Datenerhebung und der differenzierten Verknüpfung von Gehalts- und Verzehrdaten als präziser für die Bewertung der Exposition durch Algenverzehr einzustufen, wenngleich weiterhin Unsicherheiten bestehen.

Die Bewertung eines Höchstgehalts von 1 g Jod/kg Trockenmasse Algen zeigt, dass diese Maßnahme zwar geeignet ist, sehr hohe Jodgehalte einzelner Algenprodukte – insbesondere bei stark jodakkumulierenden Arten – zu begrenzen. Der Höchstgehalt reicht jedoch nicht aus, um eine Überschreitung des UL bei Hochexponierten (P95) zuverlässig zu verhindern. Die Expositionsabschätzungen belegen, dass auch unter Annahme eines solchen Höchstgehalts im oberen Expositionsbereich weiterhin Überschreitungen des UL auftreten können.

Demgegenüber kann ein Höchstgehalt für Jod in Algen eine relevante Wirkung hinsichtlich der Begrenzung sehr hoher akuter Einzelaufnahmen („Expositionsspitzen“) im Milligrammbereich entfalten (z. B. durch Reduktionen hoher portionsbezogener Jodaufnahmen um etwa die Hälfte bis auf ein Drittel bei Kombu-haltigen Produkten). Diese sind toxikologisch von besonderer Bedeutung, da sie akute Wirkungen auf die Schilddrüsenfunktion auslösen können. Akute Jodzufuhren in dieser Größenordnung liegen deutlich über dem physiologischen Bedarf. Zwar können gesunde Personen solche Exzesse in der Regel durch autoregulatorische Mechanismen der Schilddrüse (insbesondere den Wolff-Chaikoff-Effekt) kompensieren, diese Anpassungsfähigkeit ist jedoch nicht in allen Bevölkerungsgruppen zuverlässig gegeben.

Insbesondere bei vulnerablen Risikogruppen (Tab. 2) kann ein plötzlich erhöhtes Jodangebot unerwünschte Effekte hervorrufen. Hierzu zählen Schwangere und Stillende bzw. das ungeborene oder gestillte Kind, Kleinkinder, Personen mit bereits vorliegenden Schilddrüsenerkrankungen wie z. B. (latente) funktionelle Autonomie; Morbus Basedow oder Hashimoto-Thyreoiditis, Personen mit bereits vorliegenden Strumen und Personen mit eingeschränkter Nierenfunktion (Tab. 2). Bei diesen Gruppen können plötzliche exzessiv hohe Jodzufuhren zu einer Hyper- oder Hypothyreose führen. Die jodinduzierte Hyperthyreose ist meist transient, kann aber ggf. zu einer lebensbedrohlichen Stoffwechselentgleisung (thyreotoxische Krise) führen, insbesondere vor dem Hintergrund einer bestehenden Herz-Kreislauferkrankung. Auch die jodinduzierte Hypothyreose ist meist vorübergehend, aber insbesondere beim ungeborenen Kind kann diese unerkannt bestehen bleiben (siehe 3.1.2).

Vor diesem Hintergrund könnte der vorgeschlagene Höchstgehalt in Algen von 1 mg Jod/kg Trockenmasse dazu beitragen, das Risiko kurzfristiger gesundheitlicher Effekte durch

extreme Einzelaufnahmen zu reduzieren. Genaue Schätzungen zur dadurch reduzierten akuten Jodaufnahmemenge lassen sich jedoch nicht herleiten, da keine Daten zu den Jodgehalten in verzehrfertigen Algenprodukten auf dem Markt vorliegen.

Der vorgeschlagene Höchstgehalt stellt insgesamt keine ausreichende Maßnahme dar, um die Gesamtbelastung durch Jod bei regelmäßigem Algenverzehr wirksam zu kontrollieren. Bereits auf Basis aktueller Verzehrdaten zeigen sich Überschreitungen des UL bei Vielverzehrenden; bei weiter wachsendem Markt für Algen und algenhaltige Produkte ist zudem davon auszugehen, dass die Zahl hoch exponierter Personen und damit das Risiko erhöhter Jodaufnahmen weiter zunimmt.

Insgesamt ist also festzustellen, dass die Begrenzung sehr hoher Jodgehalte in Algen ein wirksames Instrument zur Reduktion akuter Expositionsspitzen darstellen könnte, jedoch nur einen begrenzten Beitrag zur Verringerung der chronischen Jodexposition leistet und daher durch weitere risikomindernde Maßnahmen ergänzt werden muss.

Es ist darüber hinaus festzustellen, dass auf Basis der vorliegenden Daten kein alternativer Höchstgehalt abgeleitet werden kann, der toxikologisch besser begründet wäre. Für die hier durchgeführten Berechnungen bestehen Unsicherheiten, die von Annahmen und Schätzungen geprägt sind und darüber hinaus keine Verarbeitungsfaktoren wie z. B. das Auswaschen von Algen berücksichtigen. Da derzeit nur ungenügende Daten zu Jod in verarbeiteten algenhaltigen Lebensmitteln vorliegen, lassen sich keine validen Schätzungen durchführen, aus denen sich ein toxikologisch besser begründeter alternativer Grenzwert ableiten ließe.

Darüber hinaus wird die Jodexposition maßgeblich durch eine Kombination aus stark variierenden Jodgehalten in unterschiedlichen Algenarten, heterogenen Anteilen in Lebensmitteln, variablen Portionsgrößen sowie unterschiedlichen Verzehrsmustern bestimmt. Ein toxikologisch abgeleiteter Höchstgehalt, der sicherstellt, dass der UL auch bei hohen Verzehrsmengen nicht überschritten wird, müsste sehr niedrig angesetzt werden und wäre mit den natürlichen Gehalten vieler Algenarten nicht vereinbar. So erscheint zum Beispiel der in der Vergangenheit empfohlene Grenzwert von 0,02 g Jod/kg Trockengewicht in der Praxis nicht umsetzbar, weil selbst die mittleren Jodgehalte in Algen generell über diesem Wert liegen. Gleichzeitig würde ein weniger restriktiver Höchstgehalt das Risiko einer UL-Überschreitung bei Vielverzehrenden nicht ausreichend adressieren.

Vor diesem Hintergrund ist festzustellen, dass eine alleinige Regulierung der Jodzufuhr über Algen/-produkte durch Festsetzung eines Höchstgehalts nicht ausreichend ist. Vielmehr erscheint ein kombinierter Ansatz eines Höchstgehalts und begleitender Managementmaßnahmen erforderlich. Zentrale Maßnahmen können eine verpflichtende Kennzeichnung des Jodgehalts auf Basis analytischer Messungen des verzehrfertigen Produkts und Angaben zum Jodgehalt pro Portion, aber auch Warnhinweise für vulnerable Gruppen sowie die Angabe der verwendeten Algenart sein.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass unter den derzeitigen Bedingungen gesundheitlich relevante Überschreitungen des UL für Jod bei Personen, die algenhaltige Lebensmittel verzehren, auftreten können. Der auf EU-Ebene für Algen diskutierte Höchstgehalt von 1 mg Jod/kg Trockenmasse kann zur Begrenzung akuter Expositionsspitzen beitragen, ist jedoch nicht ausreichend, um bei regelmäßigem oder zunehmendem Verzehr von Algen/-produkten

auch in den hohen Verzehrperzentilen eine Jodaufnahme unterhalb des UL zu gewährleisten.

3.2 Handlungsrahmen und Empfehlungen

Meeresalgen/-produkte können – insbesondere bei jodreichen Arten und unzureichender Kennzeichnung – ein relevantes Risiko für eine überhöhte Jodaufnahme darstellen. Die Kombination aus hohen Gehalten, starker Variabilität, wachsendem Konsum und vulnerablen Bevölkerungsgruppen begründet einen Handlungsbedarf für risikomindernde Maßnahmen (z. B. Höchstgehalte, Kennzeichnung, Monitoring).

Ziel des Risikomanagements sollte daher insbesondere die Vermeidung einer Überschreitung des UL bei regelmäßigem oder zunehmendem Verzehr sein. Hierfür ist ein integriertes Maßnahmenbündel erforderlich, bestehend aus der Festsetzung eines Höchstgehalts, begleitet durch verpflichtende Kennzeichnung und Warnhinweise sowie gezielte Risikokommunikation. Darüber hinaus sollte angestrebt werden, die Datenbasis für künftige Expositionsschätzungen zu verbessern, indem Informationen über Rezepturen sowie Algenarten und deren Gehalte in verarbeiteten Produkten von Herstellern bereitgestellt werden. Ferner sollte angestrebt werden, dass der Konsum von Algen/-produkten in der Bevölkerung, einschließlich der jüngeren, in dieser Stellungnahme nicht erfassten und bestimmter vulnerabler Verbrauchergruppen, beobachtet wird.

Die folgenden Maßnahmenoptionen ergeben sich aus der vorangegangenen Risikocharakterisierung und dienen der Begrenzung potenziell gesundheitlich relevanter Jodaufnahmen aus Algen und algenhaltigen Lebensmitteln.

3.2.1 Risikominimierung über Höchstgehalte

Als regulatorische Maßnahme wird auf EU-Ebene die Festlegung eines Höchstgehalts von 1 g Jod/kg Trockenmasse für Algen diskutiert. Die Expositionsschätzung zeigt, dass ein solcher Höchstgehalt geeignet sein kann, sehr hohe Jodgehalte einzelner Algen – insbesondere bei stark Jod-akkumulierenden Arten wie Kombu – zu begrenzen und damit extreme Einzelaufnahmen im Milligrammbereich zu reduzieren. Dadurch kann die Spannbreite der Exposition verringert und insbesondere das Risiko akuter exzessiver Expositionsspitzen reduziert werden.

Gleichzeitig zeigen die Expositionsschätzungen, dass ein Höchstgehalt von 1 g Jod/kg Trockenmasse nicht ausreicht, um Überschreitungen des UL bei Hochexponierten (P95) zuverlässig zu verhindern. Dies liegt insbesondere daran, dass die Jodgehalte relevanter Expositionsquellen – etwa Wakame-basierte Produkte und algenhaltige Beilagen – häufig unter dem vorgeschlagenen Grenzwert liegen und somit von der Maßnahme nicht erfasst werden würden. Der Einfluss des auf EU-Ebene diskutierten Höchstgehalts auf die chronische Gesamtaufnahme ist daher begrenzt.

Die Ableitung eines alternativen Höchstgehalts, der auch bei hohen Verzehrsmengen von Algen/-produkten eine Überschreitung des UL ausschließt, ist aufgrund unzureichender Daten zu Jod in verarbeiteten algenhaltigen Lebensmitteln nicht möglich. Außerdem würde aufgrund der großen Unterschiede im Jodgehalt, in den Portionsgrößen und Verzehrsmustern ein solcher Wert so niedrig ausfallen, dass er zu einem Ausschluss zahlreicher Produkte führen würde und somit praktisch nicht umsetzbar wäre.

Auch eine differenzierte Festlegung von Höchstgehalten nach Algenarten oder Produktkategorien könnte zwar theoretisch eine stärkere Risikoadaptierung ermöglichen, wäre jedoch mit erheblicher regulatorischer Komplexität verbunden und erscheint daher nur eingeschränkt praktikabel.

Insgesamt ist festzustellen, dass der auf EU-Ebene für Algen diskutierte Höchstgehalt von 1 g Jod/kg Trockenmasse ein wirksames Instrument zur Begrenzung extremer Jodgehalte und akuter Expositionsspitzen darstellt, jedoch allein nicht ausreicht, um gesundheitlich relevante hohe Jodaufnahmen bei regelmäßigem oder hohem Verzehr sicher zu vermeiden.

Vor diesem Hintergrund ist eine ergänzende Kennzeichnung aus Sicht des BfR erforderlich, um Verbraucherinnen und Verbraucher in die Lage zu versetzen, ihre Jodaufnahme aus Algenprodukten besser einzuschätzen und überhöhte Aufnahmen vermeiden zu können.

3.2.2 Risikominimierung über Kennzeichnung

Eine geeignete Kennzeichnung sollte den Jodgehalt sowohl bezogen auf 100 g als auch auf eine übliche Portionsgröße ausweisen, da die tatsächliche Exposition maßgeblich durch portionsbezogene Aufnahmen bestimmt wird. Aufgrund der hohen Variabilität der Jodgehalte erscheint eine analytische Bestimmung des Jodgehalts erforderlich; rein rechnerische Angaben sind nicht ausreichend verlässlich.

Ergänzend sind Verzehrempfehlungen sowie spezifische Warnhinweise für vulnerable Bevölkerungsgruppen erforderlich, insbesondere für Personen mit bestimmten Schilddrüsenerkrankungen, Schwangere und Stillende sowie Personen mit eingeschränkter Nierenfunktion. Dies ist insbesondere deshalb relevant, da auch bei Einhaltung des vorgeschlagenen Höchstgehalts durch hohe Verzehrsmengen weiterhin UL-Überschreitungen möglich sind.

Die Expositionsschätzung zeigt zudem, dass das Risiko nicht allein vom maximalen Jodgehalt abhängt, sondern wesentlich durch die Algenart, Portionsgröße, Verarbeitung, Produktform und Verzehrhäufigkeit bestimmt wird. Bei hochexponierten Personen zeigte sich, dass Wakame-basierte Produkte und algenhaltige Beilagen besonders zur Gesamt-Jodaufnahme beitragen.

Gleichzeitig bestehen Unsicherheiten hinsichtlich der tatsächlichen Jodgehalte in verzehrfertigen Produkten, insbesondere in der Gastronomie und bei verarbeiteten Lebensmitteln. Vor diesem Hintergrund sind zusätzliche Jodgehaltsmessungen entlang der gesamten Lebensmittelkette erforderlich.

Eine Differenzierung der Kennzeichnung ausschließlich nach Algenarten erscheint nicht ausreichend, da viele Produkte Mischungen verschiedener Algenarten enthalten und für die Exposition letztlich der Jodgehalt im verzehrfertigen Produkt entscheidend ist. Daher sollte die Kennzeichnung grundsätzlich produktbezogen erfolgen.

Eine Unterscheidung zwischen vorverpackten und lose abgegebenen Lebensmitteln ist aus gesundheitlicher Sicht nicht begründbar, da das Risiko unabhängig von der Abgabeform besteht. Es sollte jedoch sichergestellt werden, dass auch bei lose abgegebenen Produkten geeignete Verbraucherinformationen verfügbar sind.

Insgesamt erscheint eine Kombination aus quantitativer Jodgehaltsangabe, portionsbezogener Information, Verzehrempfehlungen und zielgruppenspezifischen

Warnhinweisen sachgerecht, um eine informierte Verbraucherentscheidung zu ermöglichen und das Risiko überhöhter Jodaufnahmen wirksam zu reduzieren.

3.3 Weitere Aspekte

3.3.1 Analytische Bestimmung von Jod: Notwendigkeit und Umsetzbarkeit

Aufgrund der erheblichen, wissenschaftlich gut belegten Variabilität der Jodgehalte in Meeresalgen ist eine analytische Bestimmung des Jodgehalts für eine sachgerechte und rechtssichere Kennzeichnung von Algenprodukten grundsätzlich erforderlich. Monitoringdaten aus den Mitgliedstaaten im Rahmen der Empfehlung (EU) 2018/464 sowie Auswertungen der Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA, 2023) zeigen, dass Jodgehalte je nach Algenart, Herkunft, Erntezeitpunkt und Verarbeitung um mehrere Größenordnungen variieren können. Pauschale Gehaltsannahmen sind daher nicht geeignet, eine verlässliche Grundlage für Kennzeichnungszwecke zu bilden.

Für die Bestimmung von Jod in Lebensmitteln stehen etablierte und validierte analytische Verfahren zur Verfügung. So enthält die Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB mit der Methode L 00.00-93 (ICP-MS) ein genormtes Verfahren zur Bestimmung von Jod in Lebensmitteln, das grundsätzlich auch auf Algen und algenhaltige Produkte anwendbar ist. Eine rechtssichere Umsetzung erscheint daher grundsätzlich möglich. Diese Methode weist eine hohe Empfindlichkeit und Spezifität auf und ist auch für komplexe Matrices wie Algen geeignet. Sie wird routinemäßig auch im Rahmen europäischer Datensammlungen verwendet, die in Risikobewertungen der Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit einfließen (EFSA, 2023).

3.3.2 Monitoring- und Forschungsbedarf

Die vorliegenden Expositionsabschätzungen des BfR zeigen, dass insbesondere verzehrfertige Wakame-Salate sowie als Salat-Beilage konsumierte Algenprodukte einen maßgeblichen Beitrag zur Jodaufnahme leisten und bei Hochexponierten den überwiegenden Anteil der Exposition ausmachen. Gleichzeitig besteht eine erhebliche Datenlücke hinsichtlich der tatsächlich aufgenommenen Jodmengen, da verfügbare Analysedaten überwiegend auf Roh- oder Trockenalgen basieren und nur eingeschränkt auf verzehrfertige Lebensmittel übertragbar sind.

Verarbeitungsschritte wie Einweichen, Kochen oder Marinieren können den Jodgehalt deutlich verändern, wobei Richtung und Ausmaß dieser Effekte für verschiedene Algenarten stark variieren. Ohne systematische Analysen im verzehrfertigen Zustand ist die Expositionsschätzung derzeit mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Vor diesem Hintergrund besteht auch nach Festsetzung eines Höchstgehalts ein prioritärer Monitoringbedarf für verzehrfertige Algen/-gerichte, insbesondere Wakame-Salate und Algenbeilagen aus Gastronomie und Einzelhandel. Die Probenahme sollte standardisiert im verzehrfertigen Zustand erfolgen und auch begleitende Komponenten wie Marinaden oder Dressings einbeziehen. Analytisch ist eine quantitative Bestimmung des Gesamtjodgehalts (z. B. mittels ICP-MS) unter Anwendung validierter und akkreditierter Methoden erforderlich, um belastbare und vergleichbare Daten zu generieren.

Ergänzend zum Monitoring besteht Forschungsbedarf hinsichtlich der Variabilität der Jodgehalte entlang der Lebensmittelkette sowie der Effekte unterschiedlicher

Verarbeitungs- und Zubereitungsschritte auf den Jodgehalt im Endprodukt. Darüber hinaus sind Daten zur Ermittlung realer Portionsgrößen erforderlich, um die Expositionsschätzung weiter zu präzisieren. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sind essenziell für die Weiterentwicklung der Risikobewertung und bilden eine notwendige Grundlage für risikomanagementbezogene Maßnahmen im Einklang mit europäischen Vorgaben, einschließlich der Empfehlung (EU) 2018/464.

Weitere Informationen auf der BfR-Website zu Jod

Fragen und Antworten zu Jod: Jodversorgung in Deutschland wieder rückläufig –
Tipps für eine gute Jodversorgung

<https://www.bfr.bund.de/veroeffentlichung/jodversorgung-in-deutschland-wieder-ruecklaeufig-tipps-fuer-eine-gute-jodversorgung/>

Informationsportal mikroco-wissen zu Jod

<https://www.mikroco-wissen.de/mineralstoffe/jod/>

BfR-Stellungnahme: Höchstmengenvorschläge für Jod in Lebensmitteln inklusive
Nahrungsergänzungsmitteln - Aktualisierung (2025):

<https://www.bfr.bund.de/stellungnahme/aktualisierung-2025-hoechstmengenvorschlaege-fuer-jod-in-lebensmitteln-inklusive-nahrungsergaenzungsmitteln/>

4 Referenzen

- Aakre I, Doblaug Solli D, Wik Markhus M, K. Mæhre H, Dahl L, Henjum S, Alexander J, Korneliussen P-A, Madsen L, Kjelleevold M (2021). Commercially available kelp and seaweed products – valuable iodine source or risk of excess intake? Food & Nutrition Research. 65.
- Aakre I, Tveit IB, Myrmel LS, Fjaere E, Ballance S, Rosendal-Riise H (2023). Bioavailability of iodine from a meal consisting of sushi and a wakame seaweed salad-A randomized crossover trial. Food Sci Nutr. 11: 7707-7717.
- Aakre I, Tveito Evensen L, Kjelleevold M, Dahl L, Henjum S, Alexander J, Madsen L, Markhus MW (2020). Iodine Status and Thyroid Function in a Group of Seaweed Consumers in Norway. Nutrients. 12.
- Aakre I, Vogt EC, Myrmel LS, Lundebye AK, Helland OB, Henjum S, Dahl L, Markhus MW, Sleire SN, Lokken SJ, Rosendahl-Riise H (2026). Impact of habitual seaweed consumption on iodine nutrition and thyroid function: a non-randomized pre-post clinical study. Eur J Nutr. 65: 27.
- Andersen S, Noahsen P, Rex KF, Florian-Sorensen HC, Mulvad G (2019). Iodine in Edible Seaweed, Its Absorption, Dietary Use, and Relation to Iodine Nutrition in Arctic People. Journal of Medicinal Food. 22: 421-426.
- Andersson M, Braegger CP (2022). The Role of Iodine for Thyroid Function in Lactating Women and Infants (vol 43, pg 469, 2022). Endocrine Reviews. 43: 610-610.
- Andersson M, Herter-Aeberli I (2019). Jodstatus in der Schweizer Bevölkerung - Schweizer Ernährungsbulletin 2019. Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen. <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/ernaehrung/schweizer-ernaehrungsbulletin.html>.
- ANSES (2018). OPINION of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the risk of excess iodine intake from the consumption of seaweed in foodstuffs (Maisons-Alfort, France: ANSES).
- Aquaron R, Delange F, Marchal P, Lognoné V, Ninane L (2002). Bioavailability of seaweed iodine in human beings. Cellular and Molecular Biology. 48: 563-569.
- Aslam MN, Kreider JM, Paruchuri T, Bhagavathula N, DaSilva M, Zernicke RF, Goldstein SA, Varani J (2010). A Mineral-Rich Extract from the Red Marine Algae Lithothamnion calcareum Preserves Bone Structure and Function in Female Mice on a Western-Style Diet. Calcif Tissue Int. 86: 313-324.
- Banasiak U, Hesecker H, Sieke C, Sommerfeld C, C V (2005). Abschätzung der Aufnahme von Pflanzenschutzmittelrückständen in der Nahrung mit neuen Verzehrsmengen für Kinder. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz. 1: 98.
- BfR (2004). Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln - Teil II. BfR Wissenschaftsheft. p 1-323 - https://www.bfr.bund.de/cm/350/verwendung_von_mineralstoffen_in_lebensmitteln_bfr_wissenschaft_4_2004.pdf.

BfR (2007). Gesundheitliche Risiken durch zu hohen Jodgehalt in getrockneten Algen. Aktualisierte Stellungnahme Nr. 026/2007 des BfR vom 22. Juni 2004.

BfR (2021a). Jod, Folat/Folsäure und Schwangerschaft.
<https://www.bfr.bund.de/cm/350/jod-folat-folsaeure-und-schwangerschaft.pdf>.

BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2021b). Rückläufige Jodzufuhr in der Bevölkerung: Modellszenarien zur Verbesserung der Jodaufnahme - Stellungnahme Nr. 005/2021 des BfR vom 9. Februar 2021 (Berlin, DE).

BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung (2022). Rückläufige Jodzufuhr in der Bevölkerung: Modellszenarien zur Verbesserung der Jodaufnahme bei Kindern und Jugendlichen - Stellungnahme Nr. 026/2022 des BfR vom 17. Oktober 2022 (Berlin, DE).

Blikra MJ, Aakre I, Rigutto-Farebrother J (2024). Consequences of acute and long-term excessive iodine intake: A literature review focusing on seaweed as a potential dietary iodine source. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 23: e70037.

Blikra MJ, Henjum S, Aakre I (2022). Iodine from brown algae in human nutrition, with an emphasis on bioaccessibility, bioavailability, chemistry, and effects of processing: A systematic review. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 21: 1517-1536.

Bouga M, Combet E (2015). Emergence of Seaweed and Seaweed-Containing Foods in the UK: Focus on Labeling, Iodine Content, Toxicity and Nutrition. *Foods.* 4: 240-253.

Braverman KD, Pearce EN (2025). Iodine and Hyperthyroidism: A Double-Edged Sword. *Endocr Pract.* 31: 390-395.

Burgi H (2010). Iodine excess. *BestPractRes Clin Endocrinol Metab.* 24: 107-115.

BVL, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2026a). Algenliste, 2. Auflage, März 2026.

BVL, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2026b). Archiv der Berichte zum Monitoring.

Casas-Agustench P, Hayter JM, Ng OSB, Hallewell LV, Clark NJ, Bescos R (2024). Nitrate, Nitrite, and Iodine Concentrations in Commercial Edible Algae: An Observational Study. *Foods.* 13: 2615.

Chung HR, Shin CH, Yang SW, Choi CW, Kim BI (2009). Subclinical hypothyroidism in Korean preterm infants associated with high levels of iodine in breast milk. *J Clin Endocrinol Metab.* 94: 4444-4447.

Clark CD, Bassett B, Burge MR (2003). Effects of kelp supplementation on thyroid function in euthyroid subjects. *Endocr Pract.* 9: 363-369.

Combet E, Ma ZF, Cousins F, Thompson B, Lean ME (2014). Low-level seaweed supplementation improves iodine status in iodine-insufficient women. *Br J Nutr.* 112: 753-761.

Correia H, Soares C, Morais S, Pinto E, Marques A, Nunes ML, Almeida A, Delerue-Matos C (2021). Seaweeds rehydration and boiling: Impact on iodine, sodium, potassium, selenium,

and total arsenic contents and health benefits for consumption. *Food and Chemical Toxicology*. 155: 112385.

Crawford BA, Cowell CT, Emden PJ, Learoyd DL, Chua EL, Sinn J, Jack MM (2010). Iodine toxicity from soy milk and seaweed ingestion is associated with serious thyroid dysfunction. *Med J Aust*. 193: 413-415.

D-A-CH (2000). Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung, (Hrsg.), Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1. Auflage.

Dawczynski C, Schubert R, Jahreis G (2007). Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*. 103: 891-899.

de Smet PA, Stricker BH, Wilderink F, Wiersinga WM (1990). [Hyperthyroidism during treatment with kelp tablets]. *Ned Tijdschr Geneesk*. 134: 1058-1059.

Desideri D, Cantaluppi C, Ceccotto F, Meli MA, Roselli C, Feduzi L (2016). Essential and toxic elements in seaweeds for human consumption. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*. 79: 112-122.

DGE/ÖGE (2025). Jod. In Deutsche Gesellschaft für Ernährung; Österreichische Gesellschaft für Ernährung Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr 3 Auflage (Bonn: DGE).

EFSA (2002). Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Iodine (expressed on 26 September 2002) - https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/sci-com_scf_out146_en.pdf.

EFSA (2023). European Food Safety Authority. Dietary exposure to heavy metals and iodine intake via consumption of seaweeds and halophytes in the European population. *EFSA Journal*. 21.

Eliaison BC (1998). Transient hyperthyroidism in a patient taking dietary supplements containing kelp. *J Am Board FamPract*. 11: 478-480.

FAO (2018). The global status of seaweed production, trade and utilization. *Globefish Research Program Volume 124*. Rome. 120 pp.

FAO (2021). Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in food and feed. Cai, J., Lovatelli, A., Aguilar-Manjarrez, J., et al. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1229*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb5670en>

Farebrother J, Zimmermann MB, Andersson M (2019). Excess iodine intake: sources, assessment, and effects on thyroid function. *Ann N Y Acad Sci*. 1446: 44-65.

Fleurence J, Moranc ais M, Dumay J, Decottignies P, Turpin V, Munier M, Garcia-Bueno N, Jaouen P (2012). What are the prospects for using seaweed in human nutrition and for marine animals raised through aquaculture? *Trends in Food Science & Technology*. 27: 57-61.

Fradinho P, Raymundo A, Sousa I, Domínguez H, Torres MD (2019). Edible Brown Seaweed in Gluten-Free Pasta: Technological and Nutritional Evaluation. *Foods*. 8: 622.

Gherbon A, Frandes M, Lungeanu D, Nicula M, Timar R (2019). Transient Hyperthyroidism following the ingestion of complementary medications containing kelp seaweed: A case-report. *Medicine (Baltimore)*. 98: e17058.

Hartmann B, Bell S, Vásquez-Caicedo AL, Götz A, Brombach C (2006). Der Bundeslebensmittelschlüssel. Aktuelle Entwicklungen, Potenzial und Perspektiven. *Ernährungs-Umschau : Forschung & Praxis*. 53: 124-129.

Hoc S (2003). Latente Hypo-/Hyperthyreose - Wann Therapie, wann nur Kontrolle? *Deutsches Ärzteblatt*. Heft 45.

Holzapfel HP, Lamesch P, Georgi P, Paschke R (2000). Therapie der uni- oder multifokalen Schilddrüsenautonomie. *Deutsches Ärzteblatt*. 97.

Inoue M, Taketani N, Sato T, Nakajima H (1975). High Incidence of Chronic Lymphocytic Thyroiditis in Apparently Healthy School-Children - Epidemiological and Clinical-Study. *Endocrinologia Japonica*. 22: 483-488.

Ishizuki Y, Yamauchi K, Miura Y (1989). [Transient thyrotoxicosis induced by Japanese kombu]. *Nihon Naibunpi Gakkai Zasshi*. 65: 91-98.

Kalarani IB, Veerabathiran R (2022). Impact of iodine intake on the pathogenesis of autoimmune thyroid disease in children and adults. *Annals of Pediatric Endocrinology & Metabolism*. 27: 256-264.

Kejžar J, Jagodic Hudobivnik M, Nečemer M, Ogrinc N, Masten Rutar J, Poklar Ulrih N (2021). Characterization of Algae Dietary Supplements Using Antioxidative Potential, Elemental Composition, and Stable Isotopes Approach. *Frontiers in Nutrition*. 7.

Khudair A, Khudair A, Niinuma SA, Habib H, Butler AE (2025). Beyond thyroid dysfunction: the systemic impact of iodine excess. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 16: 1568807.

Konno N, Makita H, Yuri K, Iizuka N, Kawasaki K (1994). Association between Dietary Iodine Intake and Prevalence of Subclinical Hypothyroidism in the Coastal Regions of Japan. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 78: 393-397.

Krems C, Bauch A, Götz A, Heuer T, Hild A, Möseneder J, Brombach C (2006). Methoden der Nationalen Verzehrsstudie II. *Ernährungs Umschau*. 53: 44-50.

Küpper FC, Carpenter LJ, McFiggans GB, Palmer CJ, Waite TJ, Boneberg EM, Woitsch S, Weiller M, Abela R, Grolimund D, Potin P, Butler A, Luther GW, Kroneck PMH, Meyer-Klaucke W, Feiters MC (2008). Iodide accumulation provides kelp with an inorganic antioxidant impacting atmospheric chemistry. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 105: 6954-6958.

Laurberg P, Cerqueira C, Ovesen L, Rasmussen LB, Perrild H, Andersen S, Pedersen IB, Carlé A (2010). Iodine intake as a determinant of thyroid disorders in populations. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*. 24: 13-27.

Leandro A, Pereira L, Gonçalves AMM (2020). Diverse Applications of Marine Macroalgae. *Marine Drugs*. 18.

Leblanc C, Colin C, Cosse A, Delage L, La Barre S, Morin P, Fiévet B, Voiseux C, Ambroise Y, Verhaeghe E, Amouroux D, Donard O, Tessier E, Potin P (2006). Iodine transfers in the coastal marine environment: the key role of brown algae and of their vanadium-dependent haloperoxidases. *Biochimie*. 88: 1773-1785.

Leung AM, Braverman LE (2014). Consequences of excess iodine. *Nat Rev Endocrinol*. 10: 136-142.

Luo YQ, Kawashima A, Ishido Y, Yoshihara A, Oda K, Hiroi N, Ito T, Ishii N, Suzuki K (2014). Iodine Excess as an Environmental Risk Factor for Autoimmune Thyroid Disease. *International Journal of Molecular Sciences*. 15: 12895-12912.

Matsubayashi S, Mukuta T, Watanabe H, Fuchigami H, Taniguchi J, Chinen M, Ninomiya H, Sasaki H (1998). Iodine-induced hypothyroidism as a result of excessive intake of confectionery made with tangle weed, Kombu, used as a low calorie food during a bulimic period in a patient with anorexia nervosa. *Eat Weight Disord*. 3: 50-52.

Milkau M, Sayk F (2018). Thyreotoxische Krise und Myxödemkoma. *Dtsch Med Wochenschr*. 143: 397-405.

Miyai K, Tokushige T, Kondo M (2008). Suppression of thyroid function during ingestion of seaweed "Kombu" (*Laminaria japonica*) in normal Japanese adults. *Endocr J*. 55: 1103-1108.

Mouritsen, Williams, Bjerregaard, Duelund (2012). Seaweeds for umami flavour in the New Nordic Cuisine. *Flavour* 1.

MRI (2008). Nationale Verzehrsstudie II. Ergebnisbericht Teil 1. Die bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen., Vol (Karlsruhe).

Müssig K, Thamer C, Bares R, Lipp HP, Häring HU, Gallwitz B (2006). Iodine-induced thyrotoxicosis after ingestion of kelp-containing tea. *J Gen Intern Med*. 21: C11-14.

Nielsen CW, Holdt SL, Sloth JJ, Marinho GS, Saether M, Funderud J, Rustad T (2020). Reducing the High Iodine Content of *Saccharina latissima* and Improving the Profile of Other Valuable Compounds by Water Blanching. *Foods*. 9.

Nishihira J, Nishimura M, Sugawara M, Kudo M (2017). Double-blind, parallel group, placebo-controlled study of *Kjellmaniella crassifolia* Miyabe (Gagome) in human: The potential of Gagome to activate the immune system. *Functional Foods in Health and Disease*. 7: 758-772.

Nishiyama S, Mikeda T, Okada T, Nakamura K, Kotani T, Hishinuma A (2004). Transient hypothyroidism or persistent hyperthyrotropinemia in neonates born to mothers with excessive iodine intake. *Thyroid*. 14: 1077-1083.

Nitschke U, Stengel DB (2015). A new HPLC method for the detection of iodine applied to natural samples of edible seaweeds and commercial seaweed food products. *Food Chemistry*. 172: 326-334.

Nitschke U, Stengel DB (2016). Quantification of iodine loss in edible Irish seaweeds during processing. *Journal of Applied Phycology*. 28: 3527-3533.

Noahsen P, Kleist I, Larsen HM, Andersen S (2020). Intake of seaweed as part of a single sushi meal, iodine excretion and thyroid function in euthyroid subjects: a randomized dinner study. *J Endocrinol Invest.* 43: 431-438.

Pearce EN, Lazarus JH, Moreno-Reyes R, Zimmermann MB (2016). Consequences of iodine deficiency and excess in pregnant women: an overview of current knowns and unknowns. *Am J Clin Nutr.* 104 Suppl 3: 918s-923s.

Pennington JAT (1990). A Review of Iodine Toxicity Reports. *Journal of the American Dietetic Association.* 90: 1571-1581.

Pereira L (2021). Macroalgae. *Encyclopedia.* 1: 177-188.

Reboredo FH, Junior W, Pessoa MF, Lidon FC, Ramalho JC, Leitão RG, Silva MM, Alvarenga N, Guerra M (2021). Elemental Composition of Algae-Based Supplements by Energy Dispersive X-ray Fluorescence. *Plants.* 10: 2041.

Sarvan I, Bürgelt M, Lindtner O, Greiner M (2017). Expositionsschätzung von Stoffen in Lebensmitteln. Die BfR-MEAL-Studie – die erste Total-Diet-Studie in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz.* 60: 689–696.

SCF, Scientific Committee on Food (2002). Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Iodine.

Schiener P, Black KD, Stanley MS, Green DH (2015). The seasonal variation in the chemical composition of the kelp species *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima* and *Alaria esculenta*. *Journal of Applied Phycology.* 27: 363-373.

Shilo S, Hirsch HJ (1986). Iodine-Induced Hyperthyroidism in a Patient with a Normal Thyroid-Gland. *Postgraduate Medical Journal.* 62: 661-662.

Smyth PPA (2021). Iodine, Seaweed, and the Thyroid. *Eur Thyroid J.* 10: 101-108.

Sohn SY, Inoue K, Rhee CM, Leung AM (2024). Risks of Iodine Excess. *Endocr Rev.* 45: 858-879.

Stévant P, Indergård E, Olafsdóttir A, Marfaing H, Larssen WE, Fleurence J, Roleda MY, Rustad T, Slizyte R, Nordtvedt TS (2018). Effects of drying on the nutrient content and physico-chemical and sensory characteristics of the edible kelp. *Journal of Applied Phycology.* 30: 2587-2599.

Takase T, Nakamura A, Miyoshi H, Koga M, Toyomaki A, Kusumi I, Kino R, Konishi Y, Kiso Y, Atsumi T (2020). Effects of *Palmaria palmata* on lipid metabolism and glycemic control in participants with hypercholesterolemia in a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Phytotherapy Research.* 34: 2303-2312.

Teas J, Braverman LE, Kurzer MS, Pino S, Hurley TG, Hebert JR (2007). Seaweed and soy: Companion foods in Asian cuisine and their effects on thyroid function in American women. *Journal of Medicinal Food.* 10: 90-100.

Teas J, Pino S, Critchley A, Braverman LE (2004). Variability of iodine content in common commercially available edible seaweeds. *Thyroid.* 14: 836-841.

- Teti C, Panciroli M, Nazzari E, Pesce G, Mariotti S, Olivieri A, Bagnasco M (2021). Iodoprophyllaxis and thyroid autoimmunity: an update. *Immunologic Research*. 69: 129-138.
- Torres-Tiji Y, Fields FJ, Mayfield SP (2020). Microalgae as a future food source. *Biotechnology Advances*. 41.
- Unosawa K, Aita T, Hamaguchi S (2024). Hypothyroidism Due to Seaweed Overconsumption. *Cureus*. 16: e55231.
- Vagenakis AG, Wang CA, Burger A, Maloof F, Braverman LE, Ingbar SH (1972). Iodide-induced thyrotoxicosis in Boston. *N Engl J Med*. 287: 523-527.
- Vlaardingerbroek H (2021). Unusual cause of congenital hypothyroidism in a term infant. *BMJ Case Rep*. 14.
- Wells ML, Potin P, Craigie JS, Raven JA, Merchant SS, Helliwell KE, Smith AG, Camire ME, Brawley SH (2017). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*. 29: 949-982.
- WHO (2007). Assessment of the iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. Third edition. WHO, UNICEF, ICCIDD.
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43781/9789241595827_eng.pdf?sequence=1, WHO, ed.
- Zimmermann M (2014). Iodbedarf und Risiken und Nutzen einer Korrektur des Iodmangels in Populationen. *Perspectives in Medicine*. 2: 56 -67.

Anhang A1

Die Recherche zu Rezepten und Produkten für die Portionsgrößen und Algenarten erfolgte zeitlich während der fachlichen Bearbeitung auf öffentlich zugänglichen Internetseiten. Die Auswahl erfolgte exemplarisch und ist daher nicht zwingend repräsentativ.

Sushi

Portionsgrößen

Für die Schätzung der Menge an getrockneten Algen pro Portion in Sushi wurden Rezepte für vier verschiedene Sushiarten recherchiert. Die ermittelten vier Werte wurden jeweils gewichtet mit Anteilen aus den Ergebnissen der Algenbefragung aus der Frage: „Welche Sushi-Sorten essen Sie bevorzugt?“. Daraus ergab sich eine Menge von **2,2 g** getrocknete Algen pro Portion für Sushi gesamt.

Maki-Sushi

Aus drei Rezepten wurde eine mittlere Menge an getrockneten Nori-Blättern von **2,9 g** pro Portion ermittelt. Aus der Algenbefragung ergab sich eine Gewichtung von 32 %.

Inside Out-Sushi

Aus drei Rezepten wurde eine mittlere Menge an getrockneten Nori-Blättern von **2,3 g** pro Portion ermittelt. Aus der Algenbefragung ergab sich eine Gewichtung von 25 %.

Nigiri-Sushi

Aus drei Rezepten wurde eine mittlere Menge an getrockneten Nori-Blättern von **1,2 g** pro Portion ermittelt. Aus der Algenbefragung ergab sich eine Gewichtung von 24 %.

Sushi frittiert

Aus drei Rezepten wurde eine mittlere Menge an getrockneten Nori-Blättern von **2,1 g** pro Portion ermittelt. Aus der Algenbefragung ergab sich eine Gewichtung von 19 %.

Algenarten

In allen recherchierten Rezepten und auch in den gesichteten Produkten der Mintel-Datenbank wurden für Sushi Nori-Blätter verwendet, so dass diesem Lebensmittel Gehaltsdaten der Rotalge (*Porphyra spp.*) zugeordnet wurden.

Misosuppe und Ramensuppe

Portionsgrößen

Für die Schätzung der Menge an getrockneten Algen pro Portion in Misosuppe und Ramensuppe wurden drei Rezepte und drei Produkte in der Mintel-Datenbank recherchiert. Aus den Rezepten wurde eine mittlere Menge an getrockneten Algen von **4,2 g** pro Portion ermittelt. Aus den Produkten der Mintel-Datenbank ergab sich unter Einbezug der Angaben zum Algenanteil eine mittlere Menge an getrockneten Algen von **0,08 g** pro Portion. Für die Expositionsschätzung wurde der Mittelwert der Werte von **2,1 g** pro Portion verwendet.

Algenarten

In allen Rezepten wurde die Wakame-Alge zur Zubereitung der Suppen verwendet. In einzelnen Fertigprodukten der Mintel-Datenbank wurde auch zusätzlich die Kombu-Alge verwendet. In einem konservativen Ansatz wurde ausgehend von einem einzelnen Produkt, in dem das Verhältnis von Wakame zu Kombu 3:1 betrug, diesem Lebensmittel für die Expositionsschätzung ein Gehalt von 75 % Wakame (Braunalge (*Undaria pinnatifida*)) und 25 % Kombu (Braunalge (*Laminaria spp.*)) zugeordnet.

Sushi-Dreieck / Algensandwich

Portionsgrößen

Für die Schätzung der Menge an getrockneten Algen pro Portion wurden jeweils drei Rezepte für Sushi-Dreiecke und Algensandwichs recherchiert. In der Mintel-Datenbank wurden des Weiteren sechs Produkte für Sushi-Dreiecke recherchiert. Da die Verteilung der Verzehrshäufigkeit innerhalb dieser Lebensmittelgruppe nicht bekannt ist, wurde für das Lebensmittel der Mittelwert der jeweiligen Werte für Sushi-Dreieck und Algensandwiches gebildet, welcher **2,9 g** getrocknete Alge pro Portion entsprach.

Sushi-Dreieck

Aus den Rezepten wurde eine mittlere Menge an getrockneten Algen von **2,92 g** pro Portion ermittelt, aus den Produkten der Mintel-Datenbank ergab sich unter Einbezug der Angaben zum Algenanteil eine mittlere Menge an getrockneten Algen von **1,12 g** pro Portion. Aus den beiden Werten wurde der Mittelwert von **2,0 g** pro Portion gebildet.

Algensandwich

Aus drei Rezepten wurde eine mittlere Menge an getrockneten Algen von **3,8 g** pro Portion ermittelt.

Algenarten

Wie für Sushi wurden in allen recherchierten Rezepten und Produkten der Mintel-Datenbank für Sushi-Dreiecke und Algensandwiches Nori-Blätter verwendet, weswegen diesem Lebensmittel Gehaltsdaten der Rotalge (*Porphyra spp.*) zugeordnet wurden.

Algenhaltige Nahrungsergänzungsmittel

Portionsgrößen

Zu algenhaltigen Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) gab es in der Algenbefragung zwei zusätzliche Fragen: „Sie haben angegeben, dass Sie algenhaltige Nahrungsergänzungsmittel einnehmen. In welcher Form nehmen Sie das Produkt ein?“ und „Können Sie uns bitte auch noch angeben, welche Art der Algen im Nahrungsergänzungsmittel enthalten sind?“.

Die erste Zusatzfrage ergab, dass 76 % der Befragten NEM in Form von Kapseln zu sich nehmen, 21 % in Form von Öl und 10 % in Form von Pulver, Presslingen oder Tabletten (Mehrfachantwort möglich). Die zweite Zusatzfrage ergab, dass 45 % der Befragten nicht wussten, welche Algen in dem eingenommenen NEM enthalten sind; weiterhin nahmen

37 % NEM mit Spirulina, 16 % mit Chlorella, 9 % mit Carrageen (pflanzliches Geliermittel und Verdickungsmittel, das aus Rotalgen gewonnen wird) sowie jeweils 5 % mit Nori und Wakame ein. Weiterhin nahmen insgesamt 13 % der Befragten NEM mit anderen Algenarten, unter anderem Kombu und Arame ein.

Da sich die Gehalte für NEM auf das gesamte Produkt und nicht auf die enthaltenen Algen beziehen, wurde für die Portionsgrößen die empfohlene Tagesdosis und Produktgröße für algenhaltige NEM in Form von Kapseln (vier Produkte) und Öl (drei Produkte) recherchiert.

Kapseln

Für Kapseln ergab sich eine mittlere Tagesdosis von **0,6 g** Produkt. Der Wert wurde mit 78 % gewichtet, was dem Verhältnis von Kapseln zu Öl aus der ersten Zusatzfrage entspricht.

Öl

Für Öl ergab sich eine mittlere Tagesdosis von **3,2 g** Produkt. Der Wert wurde mit 22 % gewichtet, was dem Verhältnis von Kapseln zu Öl aus der ersten Zusatzfrage entspricht.

Für NEM mit Algen wurde der gewichtete Mittelwert aus Kapseln und Öl von **1,2 g** Alge pro NEM-Einnahme gebildet.

Algenarten

Aus der zweiten Zusatzfrage zu algenhaltigen NEM konnte herausgelesen werden, dass hauptsächlich NEM aus Mikroalgen (*Chlorella*) bzw. Blaualgen (*Spirulina*) konsumiert wurden. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass viele der häufiger verzehrten Algenölkapseln aus der Mikroalge *Schizochytrium* bestehen. Diese Algen werden in geschlossenen Systemen kultiviert, so dass in diesen Algen und damit auch in den entsprechenden NEM von einem niedrigen Jodgehalt auszugehen ist (Casas-Agustench et al., 2024; Kejžar et al., 2021; Reboredo et al., 2021).

Da in Einzelfällen auch NEM mit beispielsweise Kombu und Arame eingenommen werden, wurde für die Jod-Gehaltsdaten, die den NEM zugeordnet werden, nicht auf Algenart-spezifische Gehalte zurückgegriffen, sondern Gehalte an Jod aus dem Datensatz der BVL-Abfrage, die in algenhaltigen NEM generell gemessen wurden, verwendet. Diese Daten enthalten keine Angaben zu den enthaltenen Algenarten. Da es sich jedoch um 140 Proben handelt (Maximalwert von 865 mg/kg), wird angenommen, dass es sich insgesamt um ausreichend repräsentative, aber eher konservative Werte handelt. Das heißt, dass auch die Einnahme von NEM mit höheren Gehalten berücksichtigt wird. Die Unsicherheit bezüglich der fehlenden Angaben zu den Algenarten muss jedoch bedacht werden.

Bowl-Gerichte oder gemischte Salate

Portionsgrößen

Für die Schätzung der Menge an getrockneten Algen pro Portion in Bowl-Gerichten und gemischten Salaten wurden fünf Rezepte recherchiert.

In den Fällen, in denen die Menge der Zutat Alge nicht als getrocknete Alge, sondern als rehydrierte bzw. eingeweichte Alge angegeben war, wurde ein Trocknungsfaktor von 20 % verwendet. Dieser pauschale Wert wurde dem Bericht „A Nordic approach to food safety risk management of seaweed for use as food“ (NCOM, 2023) entnommen und wird wegen

den allgemeinen Unsicherheiten der Portionsgrößenrecherche als gerechtfertigt angesehen. Aus den Rezepten wurde eine mittlere Menge an getrockneten Algen von **5,4 g** pro Portion ermittelt.

Algenarten

Für Bowl-Gerichte und gemischte Salate wurde in den Rezepten die Algenarten Nori (2-mal) und Wakame (4-mal) verwendet. Aufgrund dessen wurde für Bowl-Gerichte für die Expositionsschätzung eine Verteilung der Algenarten von 67 % Wakame (Braunalge (*Undaria pinnatifida*)) und 33 % Nori (Braunalge (*Laminaria spp.*)) zugeordnet.

Wakame /Algensalat

Portionsgrößen

Für die Schätzung der Menge an getrockneten Algen pro Portion Wakame / Algensalat wurden drei Rezepte und sechs Produkte in der Mintel-Datenbank recherchiert. Da im Fall von verzehrsfertigem Algensalat die Menge der Zutat Alge nicht als getrocknete Alge, sondern als rehydrierte bzw. eingeweichte Alge angegeben war, wurde der pauschale Trocknungsfaktor von 20 % verwendet (NCOM, 2023).

Aus den Rezepten wurde eine mittlere Menge an getrockneten Algen von **11,4 g** pro Portion ermittelt, aus den Produkten der Mintel-Datenbank ergab sich unter Einbezug der Angaben zum Algenanteil eine mittlere Menge an getrockneten Algen von 30,7 g pro Portion. Aus den beiden Werten wurde der Mittelwert von **21,1 g** pro Portion gebildet.

Algenarten

In allen recherchierten Rezepten und Produkten der Mintel-Datenbank wurde Wakame für die Herstellung von Algensalat verwendet. Deswegen wurde dem Lebensmittel der Gehalt von Wakame (Braunalge (*Undaria pinnatifida*)) zugeordnet.

Agar-Agar als Geliermittel

Portionsgrößen

Da der Gehaltswert von Agar-Agar nicht auf die pure Alge, sondern auf das Produkt bezogen ist, wurde für Agar-Agar jeweils die verwendete Menge des Produkts in Rezepten für eine Portion recherchiert. Agar-Agar wird in verschiedenen Produkten verwendet. Bei der Rezeptrecherche wurde darauf geachtet, entsprechend vielfältige Rezepte abzudecken. Aus fünf Rezepten wurde ein Mittelwert von **0,9 g** zugesetztem Agar-Agar pro Portion berechnet.

Algenarten

Für die Herstellung von Agar-Agar können verschiedene Rotalgen verwendet werden. Es lagen keine Information zur Algenart vor, so dass für dieses Lebensmittel ein Gehaltswert von Jod herangezogen wurde, der sich auf das verzehrsfertige Produkt bezieht und dem Bundeslebensmittelschlüssel entnommen wurde (Hartmann et al., 2006).

Algen als (Gemüse-)Beilage

Portionsgrößen

Für Algen als (Gemüse-)Beilage wurden keine passenden Rezepte oder Produkte in der Mintel-Datenbank gefunden, die sich von Algensalat unterscheiden. Für Algen als (Gemüse-)Beilage wurde daher die Portionsgröße von Algensalat von 21,1 g bzw. 11,1 g entsprechend des Wakame-Szenarios übernommen.

Algenart

Die Algenart Wakame wurde ebenfalls vom Algensalat übernommen, so dass dem Lebensmittel der Gehalt von Wakame (Braunalge (*Undaria pinnatifida*)) zugeordnet wurde.

Algen in Form von Flocken, Pulvern oder getrockneten Blättern

Portionsgrößen

Die Recherche auf drei Produktverpackungen ergab im Mittel eine Verwendung von **2 g** getrocknete Alge für eine Portion.

Algenart

Die Befragung enthielt eine Frage zur üblicherweise verwendeten Algenart bei Flocken, Pulvern und getrockneten Blättern. Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass die Teilnehmenden in absteigender Reihenfolge Nori, Wakame, Spirulina, Chlorella, Dulse und Kombu verwenden. Die Gehaltsdaten wurden aus den Algenarten Nori, Wakame und Kombu entsprechend ihrer Gewichtung in den Befragungsergebnissen verwendet. Spirulina und Chlorella wurden aufgrund nicht zu erwartender Jodgehalte nicht berücksichtigt. Da nur wenige Werte für Dulse vorliegen und diese dem Bereich der verwendeten Gehalte von Nori, Wakame und Kombu entsprechen, wurde Dulse ebenfalls nicht berücksichtigt.

Algenhaltige Snacks

Portionsgrößen

Die Portionsgröße setzt sich aus „Snacks aus Alge“ und „Snacks mit Alge“ zusammen. Für Snacks aus Alge wurden aus 5 Produkten eine mittlere Portionsgröße von 25 g mit einem Algenanteil von 100 % bestimmt. Die Annahme von 100 % stellt dabei einen konservativen Wert dar. Für Snacks mit Alge wurde die Portionsgröße von üblichen Snacks wie Chips und Nüsse aus drei recherchierten Portionsgrößen eine mittlere Portionsgröße von 40 g mit einem mittleren Algenanteil von 4 % bestimmt. Die zugrunde gelegten Portionsgrößen stammen aus einer Verbraucherumfrage der Verbraucherzentrale Hamburg (VZHH, 2017), dem Fotobuch der KiESEL-Studie (DGE, 2026b) und der Verzehrempfehlung der DGE e.V. (DGE, 2026a). Für die Expositionsschätzung wurde ein mittlerer Wert von **13,3 g** getrocknete Alge pro Portion verwendet.

Algenart

Die Produktrecherche ergab, dass hauptsächlich Nori und selten Chlorella in geringen Anteilen verwendet wird, weswegen diesem Lebensmittel Gehaltsdaten der Rotalge (*Porphyra spp.*) zugeordnet wurden.

Algenhaltige Fischersatzprodukte

Portionsgrößen

Über eine Internetrecherche wurden 5 Produkte herangezogen und eine Portionsgröße von 120 g angenommen. Anhand der Zutatenlisten wurde der jeweilige Anteil Alge in eine absolute Menge pro Portion umgerechnet. Für die Expositionsschätzung ergab sich ein mittlerer Wert von **6,2 g** getrocknete Alge pro Portion.

Algenart

Die Produktrecherche zeigte, dass für Fischersatzprodukte Dulse und Meeresalgen verwendet werden. Da der Begriff „Meeresalgen“ zu unspezifisch ist, wurden diesem Lebensmittel Gehaltsdaten der Rotalge (*Palmaria palmata*) mit der gängigen Bezeichnung „Dulse“ zugeordnet.

Getränke mit Algen

Portionsgrößen

Es wurden 5 Produkte recherchiert und auf Basis der Zutatenlisten die Anteile Alge in absolute Mengen umgerechnet, so dass sich ein mittlerer Gehalt von **1,0 g** pro Portion ergab. Es wurde eine Portionsgröße von 250 ml Getränk angenommen.

Algenart

In den recherchierten Produkten wurde Rotalge (*Lithothamnium calcareum*), sowie Spirulina/Chlorella verwendet, für welche geringe Jodgehalte zu erwarten sind. Deshalb wurden für die Expositionsschätzung für dieses Lebensmittel die Gehalte der Rotalge (*Lithothamnium calcareum*) mit der gängigen Bezeichnung „Kalkalge“ zugrunde gelegt.

Gewürzmischung mit Algen

Portionsgrößen

Es wurden sechs Gewürzmischungen mit Alge im Internet und in der Mintel-Datenbank recherchiert und auf Basis der Zutatenlisten ein mittlerer Algen-Gehalt von **0,1 g** pro Portion berechnet. Die Portionsgröße von 1,2 g Gewürz wurde auf Basis der Portionsgrößen-Datenbank der KiESEL-Studie angenommen.

Algenarten

Für Gewürzmischungen mit Alge werden verschiedene Algenarten laut Zutatenliste verwendet, so dass die Gehalte für Nori, Wakame und Kombu in gleichen Anteilen zugrunde gelegt wurden.

Algenhaltige Nudeln

Portionsgröße

Das Lebensmittel setzt sich aus „Nudeln aus Alge“ und „Nudeln mit Alge“ zusammen. Für Nudeln aus Alge wurde aus drei Rezepten und zwei Angaben auf einer Produktverpackung eine mittlere Portionsgröße von 26 g mit einem Algenanteil von 100 % bestimmt. Für Nudeln mit Alge wurde ein Anteil von 5 % Alge angenommen. Der Anteil entsprach der Produktrecherche und wurde auch von der EFSA (2023) angenommen. Es wurde eine

Portionsgröße von 125 g Nudeln angenommen. Aus beiden Lebensmitteln wurde der Mittelwert von **16,1 g** getrocknete Alge pro Portion berechnet.

Algenart

Die recherchierten Produkte „Nudeln aus Alge“ bestanden aus der Braunalge, *Himanthalia elongata*, auch Meeresspaghetti genannt. Die recherchierten Produkte „Nudeln mit Alge“ enthielten verschiedene Algen wie Spirulina, Dulse oder Nori. Dem Lebensmittel algenhaltige Nudeln wurden nur die Gehalte von Meeresspaghetti zugeordnet, da die Anteile der anderen Algenarten im Vergleich zu Nudeln aus Alge gering sind.

Alternative zu Fischsoße

Portionsgröße

Die Menge Alge in den Fischsoßen variiert zwischen Fischsoße mit Kombu (11 %) und Fischsoße mit der Braunalge *Himanthalia elongata* (8 %), so dass aus diesen beiden Anteilen aus insgesamt vier Produkten ein Mittelwert von 0,9 g pro Portion berechnet wurde. Die Portionsgröße basiert auf vier Rezepten, die eine mittlere Menge von 9 ml ergeben. Aus den Recherchen wurde ein Mittelwert von **0,9 g** getrocknete Alge pro Portion bestimmt.

Algenart

Zur Bestimmung des Gehalts wurden Daten von Wakame, Kombu und die Braunalge *Himanthalia elongata* verwendet und dem Produkt zugeordnet. Das verwendete Verhältnis entsprach dem Verhältnis der in den recherchierten Rezepten verwendeten Algenarten.

Anhang A2

Tabelle A. 1: Jodgehalte der Lebensmittel pro Portion* und Anteil der Lebensmittel an der Jodexposition für Personen mit einer Exposition über dem 95. Perzentil in den verschiedenen Szenarien.

Lebensmittel	Standardszenario		Wakamesalat-szenario		Kombuszenario		Höchstgehalt-szenario	
	Gehalte pro Portion (µg)	Anteil an Exposition im P95 (%)	Gehalte pro Portion (µg)	Anteil an Exposition im P95 (%)	Gehalte pro Portion (µg)	Anteil an Exposition im P95 (%)	Gehalte pro Portion (µg)	Anteil an Exposition im P95 (%)
Sushi	172	1	172	2	172	0	73	1
Wakame-/Algensalat	4300	26	1630	15	4300	5	4300	31
Misosuppe oder Ramensuppe	1285	9	1285	13	3857	5	416	3
Bowl-Gerichte oder gemischte Salate	866	4	866	7	866	1	786	5
Algen als (Gemüse-) Beilagen	4300	34	1630	22	4300	9	4300	41
Sushi-Dreieck/Algensandwich	227	1	227	1	227	0	97	0
Alternative zu Fischsoße	872	2	872	4	1653	1	127	0
Algenflocken, -pulver oder getrocknete Blätter	493	3	493	5	3674	8	165	1
Getränke mit Algen	34	0	34	0	34	0	34	0
algenhaltige Fischersatzprodukte	1544	8	1544	12	11389	18	1544	10
algenhaltige Snacks	1041	5	1041	9	1041	1	443	2
algenhaltige Nudeln	778	3	778	4	29574	50	778	3
Gewürzmischungen mit Algen	71	1	71	1	184	0	14	0
Agar-Agar als Geliermittel	3	0	3	0	3	0	3	0
Nahrungsergänzungsmittel	138	2	138	3	138	1	138	2

*Der Jodgehalt eines Lebensmittels ergibt sich aus der Art der enthaltenen Algen und dem Anteil der Algen. Eine Portion bezieht sich auf den Algenanteil in einem Lebensmittel für eine Person.

Über das BfR

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ist eine wissenschaftlich unabhängige Einrichtung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH). Es schützt die Gesundheit der Menschen präventiv in den Tätigkeitsbereichen Public Health und Veterinary Public Health. Das BfR berät die Bundesregierung und die Bundesländer zu Fragen der Lebens- und Futtermittel-, Chemikalien- und Produktsicherheit. Das BfR betreibt eigene Forschung zu Themen, die in engem Zusammenhang mit seinen Bewertungsaufgaben stehen.

Impressum

Herausgeber:

Bundesinstitut für Risikobewertung

Max-Dohrn-Straße 8-10

10589 Berlin

T +49 30 18412-0

F +49 30 18412-99099

bfr@bfr.bund.de

bfr.bund.de

Anstalt des öffentlichen Rechts

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

Aufsichtsbehörde: Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat

USt-IdNr: DE 165 893 448

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



gültig für Texte, die vom BfR erstellt wurden

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

BfR | Risiken erkennen –
Gesundheit schützen