

Gemüse zum Trinken: Grüne Smoothies aus ernährungsphysiologischer und toxikologischer Sicht

Julika Lietzow, Benjamin Sachse, Bernd Schäfer

Abstract

Grüne Smoothies enthalten oft wertvolle Inhaltsstoffe (z. B. Vitamine, Mineral- und Ballaststoffe) und können die Ernährung sinnvoll bereichern. Allerdings sollten bei der Auswahl der Zutaten und der Zubereitung einige Punkte beachtet werden, um gesundheitliche Risiken zu vermeiden. So ist zu bedenken, dass gerade Smoothies mit hohem Obstanteil zu einer beträchtlichen Energieaufnahme führen können. Grundsätzlich sollten nur Pflanzen(teile) in Smoothies verwendet werden, die auch traditionell als Lebensmittel genutzt werden und deren Verwendung daher als sicher angesehen werden kann. Alle Zutaten sollten zudem sowohl aus ernährungsphysiologischer wie auch aus toxikologischer Sicht möglichst abwechslungsreich eingesetzt werden, um eine einseitige Nährstoffversorgung bzw. eine längerfristig hohe Aufnahme potenziell gesundheitsschädlicher Stoffe zu vermeiden. Bei der Verwendung selbst gesammelter Wildkräuter ist besondere Vorsicht geboten, da es dabei u. a. zu Verwechslungen mit Giftpflanzen kommen kann. Um mikrobielle Risiken zu minimieren, empfiehlt es sich, möglichst frische Zutaten zu verwenden und die allgemeinen Hygieneregeln in der Küche zu beachten.

Schlüsselwörter: Grüne Smoothies, Gesundheitsrisiken, Pflanzentoxine, Kontaminanten, Rohkost

Zitierweise

Lietzow J: Drinking your Greens: Green Smoothies from a Nutritional and Toxicological Point of View. *Ernahrungs Umschau* 2022; 69(8): 126–35.

The English version of this article is available online:

DOI: 10.4455/eu.2022.024

Peer-Review-Verfahren

Manuskript eingereicht: 24. Februar 2022

Überarbeitung angenommen: 02. Mai 2022

Korrespondierende Autorin

Dr. Julika Lietzow

Bundesinstitut für Risikobewertung

Max-Döhrn-Str. 8–10, 10589 Berlin

Abteilung Lebensmittelsicherheit

julika.lietzow@bfr.bund.de

Einleitung

Ein Smoothie ist schnell zubereitet und wird als „natürlich und gesund“ wahrgenommen. Smoothies sind daher zu einem wahren Trend-Lebensmittel geworden. Über 15 Mio. VerbraucherInnen in Deutschland konsumieren Smoothies einmal oder mehrfach im Monat [1]. Einen nennenswerten Stellenwert besitzt das Getränk bei der Rohkost-Ernährung, bei der der Verzehr von rohen und weitgehend unverarbeiteten pflanzlichen Lebensmitteln im Vordergrund steht.

Frisch zubereitete grüne Smoothies enthalten zahlreiche Nährstoffe – u. a. Vitamine, Mineral- und Ballaststoffe – und können daher einen wichtigen Beitrag zu einer gesunden Ernährung leisten. Allerdings sollten bei der Auswahl der Zutaten und der Zubereitung einige Punkte beachtet werden, um gesundheitliche Risiken zu vermeiden. So finden sich bspw. in Smoothie-Rezepten neben traditionell verzehrten Pflanzen(teilen) inzwischen auch Zutaten, die bislang nicht roh oder gar nicht verzehrt wurden und deren Verwendung gesundheitlich problematisch sein kann.

Diese Übersichtsarbeit soll darauf aufmerksam machen, dass sich durch den Verzehr grüner Smoothies prinzipiell auch gesundheitliche Risiken ergeben können. Neben einer Darstellung ernährungsphysiologischer Aspekte und einer Übersicht gesundheitlich bedenklicher Zutaten bzw. Inhaltsstoffe werden zudem Empfehlungen für eine sichere Zubereitung von Smoothies gegeben.

Ernährungsphysiologische Aspekte

Der Begriff „Smoothie“ ist rechtlich nicht geschützt und es gibt auch keine verbindliche Definition. Daher existieren keine einheitlichen Regelungen, welche Zutaten in welchen Men-

Obstsorten	<ul style="list-style-type: none"> • Banane • Apfel, Birne • Beeren (auch Tiefkühlkost) • Ananas • Orange • Kiwi • Grapefruit • usw.
Gemüse und Pflanzengrün	<ul style="list-style-type: none"> • Salate (Kopfsalat, Eisbergsalat, Rucola etc.) • Grünkohl • Spinat, Mangold • Avocado • Schnittlauch, Kresse • Karottengrün, Radieschen-Blätter, Kohlrabi-Blätter, Rote Bete-Blätter, Sellerie-Blätter • Küchenkräuter (Petersilie, Basilikum, Salbei etc.) • Wildkräuter (Löwenzahn, Vogelmiere, Brennessel, Sauerampfer etc.) • Blätter verschiedener Bäume und Sträucher (z. B. von Linden, Brombeere, Hibiskus, Malven)
Weitere Zutaten	<ul style="list-style-type: none"> • „Superfoods“ (Goji Beeren, Chia-Samen, Leinsamen) • Süßungsmittel (Honig, Stevia, Datteln, Birkenzucker) • Kräuter und Gewürze (Küchenkräuter, Wildkräuter, Chili, Vanille, Zimt, Kakao etc.) • spezielles Wasser (Kokoswasser, Quellwasser, destilliertes Wasser) • Matcha • Acerola • Ginseng • Aktivkohle • Heilkräuter • Proteinpulver • pflanzliche Pulver, z. B. Weizengraspulver

Tab. 1: **Typische Zutaten für die Zubereitung von grünen Smoothies** [2], [freie Internetrecherche]

gen in dem Getränk enthalten sein müssen. Üblicherweise besteht ein grüner Smoothie aus Obst sowie Gemüse und/oder Pflanzengrün, das zusammen mit Wasser zu einem glatten Brei püriert wird [2]. Daher auch der Name, der sich vom englischen Wort „smooth“ ableitet, was so viel wie glatt oder geschmeidig bedeutet. Häufig wird in Rezepten die Verarbeitung ganzer Früchte einschließlich der Schale sowie der enthaltenen Kerne empfohlen. Einige Rezepte beinhalten zudem weitere Zutaten wie Wild- oder Küchenkräuter, Kerne, Nüsse, Gewürze oder sog. „Superfoods“ (♦ Tabelle 1) [2]. Als „Superfoods“, die rechtlich nicht definiert sind, werden üblicherweise Lebensmittel verstanden, die bestimmte Nährstoffprofile aufweisen, bspw. besonders hohe Gehalte an Vitaminen, Mineral- oder Ballaststoffen. Oftmals halten die mit „Superfoods“ verbundenen gesundheitsbezogenen Werbeaussagen einer wissenschaftlichen Überprüfung allerdings nicht stand [3].

Auch bei Smoothies werden häufig die gesundheitsfördernden Eigenschaften in den Vordergrund gestellt, die sich u. a. aus den hohen Gehalten an Vitaminen, Mineralstoffen, Antioxidantien und Ballaststoffen ergeben sollen. Unter anderem sollen Smoothies – so das Versprechen – z. B. bei der „Entgiftung oder Entschlackung („Detox“) des Körpers“ unterstützen; eine Aussage, die wissenschaftlich nicht haltbar ist [4].

Insbesondere grüne Smoothies werden aufgrund ihres hohen Gemüseanteils oft auch zum Abnehmen eingesetzt, auch wenn

dies nicht immer erfolgversprechend ist. Die grünen Säfte können nämlich aufgrund ihrer hohen Anteile an natürlicherweise enthaltenem Zucker, vornehmlich durch den zugesetzten Obstanteil, einen hohen Energiegehalt aufweisen, bspw. enthält ein selbst zubereiteter Smoothie mit 200 g Blattspinat, einer Banane und einem halben Apfel etwa 30 g Zucker und über 200 kcal [5] (♦ Tabelle 2).

Stiftung Warentest stellte kürzlich außerdem fest, dass der Gehalt an fruchteigenem Zucker bei grünen Smoothies aus dem Handel zwischen 5 und 11 g/100 mL schwanken kann [6]. Dies liegt in der Größenordnung von Softdrinks, die üblicherweise einen Zuckergehalt um 10 g/100 mL aufweisen. Von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) wird eine maximale Aufnahme von 50 g freien Zuckern pro Tag für Erwachsene empfohlen [7]. Dabei ist es unerheblich, ob es sich um fruchteigenen oder zugesetzten Zucker handelt.

Energiereiche Flüssigkeiten wie Frucht- bzw. Gemüsesäfte rufen zudem eine geringere kompensatorische Reaktion auf die Nahrungsaufnahme hervor als feste Lebensmittel. So fällt bspw. der Sättigungseffekt geringer aus [8]. Obst und Gemüse leisten einen wichtigen Beitrag zu einer gesunden und abwechslungsreichen Ernährung im Alltag. Der Verzehr von 1 Glas Smoothie am Tag kann dementsprechend die Ernährung sinnvoll ergänzen. Aufgrund des hohen Energiegehalts von Smoothies ist es jedoch ratsam, Smoothies aus Obst und Gemüse nicht zusätzlich zu den empfohlenen fünf täglichen Obst- und Gemüseportionen zu verzehren, sondern damit gelegentlich eine Portion zu ersetzen [9].

Mögliche gesundheitliche Risiken durch den Verzehr grüner Smoothies

Pflanzen enthalten natürlicherweise eine Vielzahl an Inhaltsstoffen, deren Gehalte sich zudem von Pflanzenteil zu Pflanzenteil unterscheiden können. Aufgrund dieser Vielfalt sind die Pflanzeninhaltsstoffe häufig nicht oder nur unzureichend toxikologisch charakterisiert. Die Sicherheit von traditionell verzehrten Lebensmitteln wird daher zu einem ganz wesentlichen Teil aus der sog. „sicheren Verzehrhistorie (engl. *history of safe use*)“ abgeleitet [10]. Für bislang wenig verzehrte Pflanzen (teile) liegen derartige Erkenntnisse hingegen

Zutaten		1 Banane	1/2 Apfel	Babyspinat	Zitronensaft	Gesamt*
Menge		125 g	75 g	200 g	30 ml	
Wasser	g	94	64	185	28	370
Energiegehalt	kcal	123	46	54	6,6	229
Makronährstoffe						
Protein (gesamt)	g	0,9	0,1	5,7	0,1	6,8
Fett (gesamt)	g	0,4	0,1	1,2	0,1	1,8
Kohlenhydrate (gesamt)	g	29	11	4,8	2,1	47
• Ballaststoffe	g	2,5	1,6	3,2	0,1	7,4
• Zucker (gesamt)	g	20	8,9		0,8	30
davon Saccharose	g	5,3	1,5		0,1	6,9
davon Fruktose	g	7,6	5,9		0,3	14
davon Glukose	g	6,9	1,5		0,3	8,7
Mineralstoffe und Vitamine						
Kalzium	mg	6,3	5,3	136	1,8	149
Natrium	mg	4,0	0,5	222	0,3	227
Kalium	mg	408	80	1164	31	1682
Magnesium	mg	35	3,7	186	1,8	226
Phosphor	mg	28	6,0	78	2,4	114
Eisen	mg	0,4	< 0,1	2,5	< 0,1	3,0
Vitamin C	mg	15	3,5	53	12	83

Tab. 2: Nährstoffangaben eines grünen Smoothies (Beispielrezept)

[U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. FoodData Central, 2019–2021]

* entspricht in etwa 2 Portionen (Gläser) in Abhängigkeit des Zusatzes von Flüssigkeiten (z. B. 200 mL Wasser)

naturgemäß nicht vor. Hinweise auf gesundheitsschädliche Wirkungen ergeben sich somit häufig erst im Zusammenhang mit dem Auftreten von Vergiftungsfällen oder Unverträglichkeiten. Besonders problematisch: Potenziell krebserzeugende Wirkungen bleiben oftmals verborgen, da derartige Effekte in der Regel erst Jahrzehnte nach der Aufnahme des schädlichen Stoffes auftreten. Eine pauschale Beurteilung, ob Pflanzen(teile) ein gesundheitliches Risiko bergen oder nicht ist daher meist nicht möglich. Ein bitterer Geschmack kann in einigen Fällen ein für VerbraucherInnen einfach wahrzunehmender Hinweis auf möglicherweise giftige Inhaltsstoffe sein. Dies muss aber nicht immer zutreffen – weder sind bitter schmeckende Verbindungen per se giftig, noch weisen alle Giftstoffe einen bitteren Geschmack auf. Bei der Auswahl der Zutaten für grüne Smoothies sollten daher einige Punkte beachtet werden, die im Folgenden beschrieben sind.

Toxikologisch relevante Inhaltsstoffe in grundsätzlich essbaren Pflanzen(teilen)

Durch den Verzehr grüner Smoothies können von bestimmten Pflanzeninhaltsstoffen teilweise unüblich große Mengen aufgenommen werden, die über den traditionellen Verzehr pflanzlicher Lebensmittel nicht erreicht werden. Das kann dazu führen, dass von Stoffen, die für gesunde Personen in geringen Mengen eigentlich kein Problem darstellen, gesundheitliche Risiken ausgehen können. Einige solcher Beispiele werden im Folgenden beschrieben.

Oxalsäure

Pflanzen aus den Familien der Amaranthaceae (Fuchsschwanzgewächse) und Polygonaceae (Knöterichgewächse) sind für ihre hohen Oxal säuregehalte bekannt. Zu den bekanntesten Vertretern zählen Spinat, Mangold, Amaranth und Quinoa sowie Sauerampfer und Rhabarber. Einige dieser pflanzlichen Lebensmittel weisen Oxal säuregehalte über 100, teilweise über 500 mg pro 100 g Frischgewicht auf [11].

Die Oxal säure zählt zu den organischen Säuren, deren Salze als Oxalate bezeichnet werden. Während bspw. Kalium- und Natriumsalze gut wasserlöslich sind, bildet Oxal säure mit einigen anderen Mineralstoffen, wie Kalzium, schwerlösliche Komplexe. In pflanzlichen Lebensmitteln kommt Oxal säure sowohl als lösliches Kaliumoxalat als auch in Form des unlöslichen Kalziumoxalats vor [12].

Im Allgemeinen stellen aus Oxal säure-haltigen bzw. -reichen Gemüsen hergestellte Lebensmittel bei üblichem Verzehr für gesunde Personen kein gesundheitliches Risiko dar. Gerade Spinat aber auch Mangold werden aufgrund des milden Geschmacks jedoch zum Teil in relativ großen Mengen (z. B. Rezeptempfehlungen mit bis zu 200 g Blattspinat pro Smoo-



thie) sowie in unverarbeiteter roher Form in grünen Smoothies eingesetzt und können dadurch zu einer sehr hohen Aufnahme an Oxalsäure beitragen.

Eine dauerhaft hohe Aufnahme von Oxalsäure bzw. deren löslichen Salzen kann dazu führen, dass diese im Darmlumen mit Mineralstoffen, bspw. freiem Kalzium, schwerlösliche Verbindungen bilden, wodurch es bei den Betroffenen zu einem Mangel an diesen Mineralstoffen kommen kann [11].

Laut der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) führt die Aufnahme von mehr als 180 mg Oxalsäure pro Tag mit der Nahrung zudem zu einem deutlichen Anstieg der Oxalsäureausscheidung über den Urin (Hyperoxalurie) [13]. Nach systemischer Aufnahme in den Körper kann die Oxalsäure schwerlösliche Kalziumoxalatkomplexe bilden, die bei einer hohen Konzentration in der Niere auskristallisieren können und damit das Risiko für Nieren-, Harnleiter- bzw. Blasensteine erhöhen. Ein geringes Urinvolumen und ein niedriger Urin-pH-Wert sowie eine schlechte Mineralstoffversorgung können die Steinbildung begünstigen. Der gleichzeitige Verzehr kalziumreicher Lebensmittel (z. B. Milchprodukte, kalziumreiches Mineralwasser) wirkt der systemischen Aufnahme von Oxalsäure hingegen entgegen, indem es bereits im Darmlumen zur Bildung der schwerlöslichen Kalziumoxalatkomplexe kommt, die dann vermehrt über den Stuhl ausgeschieden werden. Allerdings verringert sich damit wie bereits oben beschrieben auch die Aufnahme des Kalziums [12].

Akute Vergiftungen nach Aufnahme von Oxalsäure-reicher Nahrung sind kaum bekannt. In der wissenschaftlichen Literatur werden allerdings Fälle beschrieben, bei denen ein hoher Konsum von oxalatreichen Lebensmitteln (> 1 g Oxalataufnahme pro Tag), u. a. über grünes Gemüse bzw. Säfte, über einen längeren Zeitraum zu Nierenschädigungen führte – meist bei Personen mit bereits bestehender Vorschädigung der Nieren [14–16].

Wird Gemüse eingeweicht bzw. gekocht, kann der Oxalsäuregehalt erheblich reduziert werden (30–87 %), da die wasserlösliche Oxalsäure ins Kochwasser übergeht [11]. Da für Smoothies aber für gewöhnlich rohe Zutaten verwendet werden, kann die Aufnahme an Oxalsäure vergleichsweise hoch sein [17].

Nitrat und Nitrit

Blattgemüse wie Spinat und Mangold sowie verschiedene Salatarten wie Rucola gehören zu den stark Nitrat-speichernden Pflanzen und können je nach Jahreszeit und Anbauggebiet hohe Nitratgehalte aufweisen [18]. Aus Nitrat kann in den Lebensmitteln selbst oder im menschlichen Körper (durch Bakterien im Mund oder Darm oder enzymatisch) Nitrit entstehen. Nitrit kann den Sauerstofftransport durch die roten Blutkörperchen beeinträchtigen, denn es wandelt den roten Blutfarbstoff Hämoglobin in Methämoglobin um, welches nicht mehr zur reversiblen Bindung von Sauerstoff fähig ist. Daraus kann sich ein Sauerstoffmangel im Gewebe ergeben, welcher insbesondere für Säuglinge gefährlich werden kann [19]. Darüber hinaus kann Nitrit zur Bildung einer Gruppe von Verbindungen beitragen, die als Nitrosamine bezeichnet werden, und von denen einige als krebserzeugend gelten [20]. Für Nitrat wurde von der EFSA eine tolerierbare tägliche Aufnahmemenge für Erwachsene von 3,7 mg/kg Körpergewicht (KG) und für Nitrit von 0,07 mg/kg KG abgeleitet [20, 21]. Eine 70 kg schwere Person könnte demnach über ein Leben lang täglich etwa

260 mg Nitrat aufnehmen, ohne dass sich daraus ein erkennbares Gesundheitsrisiko ergibt. Zum Schutz der VerbraucherInnen gelten in der EU einheitliche Höchstgehalte für Nitrat in diversen Blattgemüsen wie Spinat und frischen Salaten [22]. Dennoch tragen diese Lebensmittel zu einer allgemein hohen Nitrataufnahme bei.

Je nach Anbaubedingungen und Saison können die Nitratgehalte in den Lebensmitteln schwanken. Beispielsweise weist abhängig von der Sonneneinstrahlung Freilandgemüse (Blattgemüse/-salate) und im Sommer geerntetes Gemüse im Vergleich zu im Gewächshaus bzw. im Winter geerntetem Gemüse geringere Nitratgehalte auf [23]. Untersuchungen von Salatarten, die im Gewächshaus angebaut wurden, zeigten Nitratgehalte im Mittel von 2 950 mg/kg. Im Vergleich dazu wiesen Salate aus dem Freilandanbau um bis zu 37 % geringere Nitratwerte auf – die mittleren Gehalte lagen hier bei 1 865 mg/kg [24]. Darüber hinaus spielt auch die Stickstoffdüngung eine große Rolle im Hinblick auf die Nitratakkumulation in den Pflanzen. Im ökologischen Anbau darf kein mineralischer Stickstoffdünger verwendet werden, weshalb Bio-Gemüse in der Regel geringere Nitratgehalte aufweist [25].

Unverdauliche Kohlenhydrate in rohem Kohlgemüse

Kohlarten werden seit jeher in Gerichten wie Eintöpfen und Suppen verwendet oder zu Sauerkraut verarbeitet. Neben zahlreichen Vitaminen und Mineralstoffen weisen sie reichlich Ballaststoffe und sekundäre Pflanzenstoffe wie die scharf schmeckenden Senfölglykoside, auch Glukosinolate genannt, auf. Im Hinblick auf Nährstoffvielfalt werden Kohlgemüse, z. B. Grünkohl, auch gerne als Zutat in grünen Smoothies verwendet [26].

Es ist allgemein bekannt, dass der Verzehr von Kohlgemüse vereinzelt und abhängig von der aufgenommenen Menge zu Magen-Darm-Beschwerden wie Blähungen, Durchfall und Völlegefühl bis hin zu Schmerzen im Oberbauch führen kann. Grund für diese Symptome können die in Kohl enthaltenen, unverdaulichen Kohlenhydrate sein (z. B. Raffinose im Grünkohl), die nicht oder nicht vollständig von körpereigenen Enzymen gespalten und unverdaut oder nicht vollständig verdaut in den Dickdarm gelangen, wo sie von Bakterien abgebaut werden. Dabei können geruchlose Gase wie Kohlendioxid, Wasserstoff und Methan entstehen. Diese können zu erheblichen Blähungen führen und sind damit Ursache der beschriebenen Symptome [27, 28].



Traditionell werden daher zahlreiche Kohlgerichte mit blähungsmildernden Zutaten wie Bohnenkraut, Dill, Fenchel- oder Kümmelsamen gewürzt. Darüber hinaus kann das Einweichen und Kochen von Gemüse die Gehalte an unverdaulichen Ballaststoffen verringern [29, 30]. Allgemein ist das Ausmaß der Gasbildung nach Aufnahme von Kohlgemüse bei Gesunden sehr unterschiedlich und hängt u. a. von der individuellen Stoffwechselaktivität und der Zusammensetzung der Darmflora ab [31]. Daher ist die Bekömmlichkeit von (rohem) Kohl individuell sehr unterschiedlich und sollte bei der Verwendung in Smoothies bedacht werden.

Goitrogene Inhaltsstoffe

Zahlreiche Brassica-Arten, zu denen auch Kohlgemüse zählt, können goitrogene Substanzen enthalten. Dabei handelt es sich um Stoffe, die die Aufnahme von Jod in die Schilddrüse beeinträchtigen und die Produktion von Schilddrüsenhormonen negativ beeinflussen können. Dies kann v. a. bei sehr hohen Verzehrsmengen und gleichzeitigem Jodmangel auftreten. Das Vorkommen dieser Stoffe variiert jedoch zwischen den einzelnen Brassica-Gewächsen und ist auch stark von den Verarbeitungs- und Zubereitungsmethoden abhängig [32, 33]. Menschen mit Schilddrüsenerkrankungen (z. B. Schilddrüsenvergrößerung) und gleichzeitigem Jodmangel sollten daher einen häufigen und übermäßigen Verzehr von (rohem) Kohlgemüse vermeiden.

Wechselwirkungen zwischen Pflanzeninhalts- und Arzneistoffen

Personen, die Arzneimittel einnehmen, sollten bedenken, dass einige Pflanzeninhaltsstoffe zu Wechselwirkungen mit bestimmten Arzneistoffen führen können – deren Wirkung also entweder abschwächen oder aber die Nebenwirkungen verstärken können. Durch den Verzehr grüner Smoothies können relativ hohe Aufnahmemengen solcher Pflanzeninhaltsstoffe erreicht werden.

Ein Beispiel für eine Wechselwirkung ist die Abschwächung der Wirkung einiger blutgerinnungshemmender Medikamente (z. B. Phenprocoumon oder Warfarin) durch das in grünen Blattgemüsen enthaltene Vitamin K. Auch in Gojibeeren sind Stoffe enthalten, die möglicherweise mit blutgerinnungshemmenden Arzneistoffen wie Phenprocoumon interagieren können. Ein anderes Beispiel ist das in verschiedenen Rezepten aufgeführte Johanniskraut, das u. a. die Wirksamkeit oraler Kontrazeptiva („Pille“) beeinträchtigen kann. Auch die in Zitrusfrüchten vorkommenden Furocoumarine können die Bioverfügbarkeit von Arzneistoffen beeinflussen, indem sie deren enzymatischen Abbau hemmen und so zu einem erhöhten Risiko für das Auftreten von Nebenwirkungen führen [34]. Die Relevanz derartiger Interaktionen im Zusammenhang mit dem Verzehr grüner Smoothies ist bislang nicht systematisch untersucht worden. Aufgrund potenziell hoher Aufnahmemengen an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen über den Verzehr von grünen Smoothies erscheint ein klinisch relevantes Interaktionspotenzial aber realistisch.

Verwendung von üblicherweise nicht verzehrten Pflanzenteilen

Allgemeine Aussagen zu möglichen gesundheitlichen Risiken durch üblicherweise nicht verzehrte Pflanzenteile wie Blätter, Stängel, Schalen oder Kerne lassen sich nicht treffen. In vielen Fällen ist der Verzehr derartiger Pflanzenteile gesundheitlich vermutlich kein Problem – das muss aber nicht immer der Fall sein. Wichtig zu wissen: Pflanzenteile

können auch dann schädliche Stoffe enthalten, wenn andere Teile der Pflanze bedenkenlos verzehrt werden können. Als Beispiel seien an dieser Stelle Kartoffel und Tomate genannt. Während die Gehalte an giftigen Glykoalkaloiden wie dem α -Solanin, mit denen sich die Pflanzen vor Schädlingen schützen, in der üblicherweise verzehrten Kartoffelknolle bzw. der Frucht der Tomatenpflanze in der Regel gering sind, können diese Stoffe bspw. in den Blättern in hohen Konzentrationen vorkommen. So enthält die Kartoffelknolle üblicherweise Glykoalkaloidgehalte unter 150 mg/kg, wohingegen die Gehalte in den Blättern bis etwa 1 000 mg/kg reichen können und in den Blüten und Sprossen mehrere Tausend mg/kg betragen können. Aufnahmemengen ab etwa 1 mg/kg KG können zu akuten Vergiftungen führen, die sich u. a. in Magen-Darm-Beschwerden äußern [35].

Gesundheitliche Risiken gehen auch von **Kernen** bestimmter Früchte aus. Während bspw. die Kerne der Wassermelone bedenkenlos mitgegessen werden können, sind in den Kernen von nahezu allen Steinobstsorten (z. B. Mandel, Aprikose, Pflaume, Apfel) sog. zyanogene Glykoside wie das Amygdalin enthalten, aus denen beim Verzehr giftige Blausäure freigesetzt werden kann [36, 37]. Hier entscheidet dann – wie so oft – die Dosis über das gesundheitliche Risiko: Der Verzehr weniger Apfelkerne, wie sie bspw. beim vollständigen Verzehr eines einzelnen Apfels aufgenommen werden können, stellt in der Regel kein Problem dar. Von einem bewussten Verzehr größerer Mengen sowie auf den Verzehr größerer Steinobstkerne (z. B. Aprikosenkerne, Bittermandeln) ist hingegen abzuraten, da hier schnell bedenkliche Aufnahmemengen erreicht werden können. So gilt für Erwachsene der Verzehr von maximal zwei bitteren Aprikosenkernen oder einer Bittermandel als gesundheitlich unbedenklich – für kleine Kinder kann das jedoch schon zu viel sein und zu Vergiftungserscheinungen führen, die sich je nach aufgenommener Dosis u. a. in Kopfschmerzen und Schwindel bis hin zu Atemnot, Krämpfen, Koma und Tod äußern können [38]. Neben Steinobstkernen enthalten auch Leinsamen zyanogene Glykoside. Aufnahmemengen von 15 g pro Mahlzeit gelten aber als unbedenklich; die damit aufgenommene Menge an Blausäure kann vom Körper problemlos entgiftet werden [39].

Auch **Avocadokerne** werden immer wieder als Zutat für Smoothies angepriesen. Ein bekannter Inhaltsstoff, der in allen oberirdischen Pflanzenteilen der Avocado einschließlich der Frucht vorkommt, ist das Persin. Es ist bekannt, dass Persin bei verschiedenen Haus- und Nutztier-

Essbare Wildkräuter	Giftige bzw. ungenießbare Pflanzen	Toxische Inhaltsstoffe	Unerwünschte Wirkungen
Bärlauch (<i>Allium ursinum</i>)	Maiglöckchen (<i>Convallaria majalis</i>)	Herzglykoside (z. B. Convallaria-glykoside)	Magen-Darm-Beschwerden, Herzrhythmusstörungen
	Herbstzeitlose (<i>Colchicum autumnale</i>)	Alkaloide (z. B. Colchizin)	Schluckbeschwerden, Magen-Darm-Beschwerden, Krämpfe, Lähmungen
Wiesenkerbel (<i>Anthriscus sylvestris</i>), Wiesenschafgarbe (<i>Achillea millefolium</i>)	Gefleckter Schierling (<i>Conium maculatum</i>)	Alkaloide (z. B. Coniin)	Brennen im Mundraum, Magen-Darm-Beschwerden, Krämpfe, Lähmungen
Beinwell (<i>Symphytum officinale</i>)	Fingerhut (<i>Digitalis</i> spp.)	Herzglykoside (z. B. Digitoxin)	Magen-Darm-Beschwerden, Herzrhythmusstörungen, Halluzinationen
Ackerminze (<i>Mentha arvensis</i>)	Poleiminze (<i>Mentha pulegium</i>)	ätherisches Öl (z. B. Pulegon)	Leberschäden
Löwenzahn (<i>Taraxacum officinale</i>)	Greis-/Kreuzkraut (<i>Senecio</i> spp.)	Pyrrrolizidinalkaloide	Leberschäden, möglicherweise krebserzeugend

Tab. 3: Beispiele für Verwechslungsmöglichkeiten zwischen essbaren Wildpflanzen und giftigen bzw. ungenießbaren Pflanzen [46]

arten zu Vergiftungen führen kann – für den Menschen gilt es als ungiftig [40]. Die verfügbare Datenlage reicht aber nicht aus, um mögliche Risiken abschließend bewerten zu können. Den AutorInnen liegen gegenwärtig keine Hinweise auf gesundheitsschädigende Wirkungen beim Menschen durch Verzehr von Avocadokernen vor – Vergiftungsfälle sind bislang nicht beschrieben.

Als weiterer Aspekt sollte bei der Verwendung von Blättern und Stängeln bedacht werden, dass diese exponierten Pflanzenteile höhere Gehalte an Pflanzenschutzmitteln oder Umweltkontaminanten als die üblicherweise als Lebensmittel verzehrten Pflanzenteile aufweisen können. Laut Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) wurden bspw. im Jahr 2020 in den Blättern von Kohlrabi oder Radieschen häufiger Mehrfachrückstände von Pflanzenschutzmitteln nachgewiesen als in den zugehörigen essbaren Knollen [41].

Für Pflanzenschutzmittelrückstände müssen in der EU Höchstgehalte eingehalten werden, die gesundheitlich unbedenklich sind. Diese sind häufig aber nur für die üblicherweise verzehrten Pflanzenteile festgelegt und werden entsprechend auch nur für diese Pflanzenteile überwacht [42]. Obst und Gemüse aus ökologischem Anbau weisen in der Regel weniger Pflanzenschutzmittelrückstände auf als Produkte aus konventionellem Anbau [43].

Verwendung von Wildpflanzen

Zu den Zutaten, die häufig für grüne Smoothies verwendet werden, zählen auch Wildkräuter, Wildblumen bzw. -blüten. Dabei ist es aber besonders wichtig, sich vorab über die zu verwendenden Pflanzen zu informieren. Grundsätzlich bestehen bei der Verwendung von Wildkräutern und Wildblumen zwei potenzielle Risiken:

- In manchen als essbar geltenden Kräutern kommen gesundheitsschädliche Stoffe vor. So enthalten u. a. Borretsch, Huflattich und Beinwell sog. Pyrrrolizidinalkaloide, die als erbgutverändernd und krebserzeugend gelten. Eine unbedenkliche Aufnahmemenge

lässt sich für diese Stoffe nach derzeitigem Kenntnisstand nicht ableiten, weshalb empfohlen wird, die Exposition gegenüber diesen Stoffen so niedrig wie möglich zu halten [44, 45]. Diese Kräuter sollten daher bei der Herstellung grüner Smoothies möglichst zurückhaltend eingesetzt werden. Als besonders vulnerabel anzusehende Bevölkerungsgruppen wie Schwangere, Stillende oder kleine Kinder sollten auf die bewusste Verwendung dieser Kräuter besser verzichten.

- Ein weiteres Risiko ergibt sich aus der Verwechslungsgefahr bestimmter Wildkräuter mit bekannten Giftpflanzen (♦ Tabelle 3). Ein Beispiel: die Verwechslung von Blättern des Bärlauchs mit denen von Maiglöckchen oder Herbstzeitlosen. Sowohl Maiglöckchen als auch Herbstzeitlose enthalten starke Toxine, die auch zu tödlich verlaufenden Vergiftungen führen können [46]. Verwechslungsgefahr besteht u. a. auch zwischen Wiesenkerbel und dem giftigen gefleckten Schierling sowie Schafgarbe und dem gefleckten Schierling und vielen weiteren Wildkräutern. Der Verzehr von Schierling kann bereits nach kurzer Zeit zum Erstickungstod führen [46]. Es wurde zum Beispiel im Jahr 2020 von einem Vergiftungsfall berichtet, bei dem eine 43-Jährige nach dem Trinken eines Smoothies – zubereitet aus gesammelten Wildpflanzen – Vergiftungserscheinungen zeigte, die vermutlich auf die Verwechslung von Sauerklee mit der giftigen Pflanze Fingerhut zurückzuführen sind [47].



„Exotische“ Zutaten

Aloe vera-Blätter

Die Blätter von Pflanzen der Gattung *Aloe* gelten seit Jahrhunderten als Heilmittel, bspw. zur Behandlung von Sonnenbrand und Hautekzemen, und tauchen seit Neuestem auch als Zutat in Smoothie-Rezepten auf. Im Hinblick auf den Verzehr ist aber zu beachten, dass der in der Blattrinde von Pflanzen der Gattung *Aloe* vorkommende Milchsaft Anthranoide (syn. Anthrachinone) enthält, die in höheren Mengen abführend wirken. Zudem gibt es Hinweise, dass diese Verbindungen krebserzeugend sein könnten. Das aus dem Blattmark gewonnene Gel enthält hingegen keine Anthranoide [48].

Aus diesem Grund sollte bei Einsatz von *Aloe vera*-Zubereitungen darauf geachtet werden, dass nur das Innere des Blatts, also das Pflanzen-Gel, verwendet wird. Da jedoch auch bei sorgfältiger Zubereitung Anthranoide aus der Blattrinde in das Gel übergehen können, ist es ratsam auf den Einsatz selbst hergestellter *Aloe vera*-Gele zu verzichten (49). Ganze *Aloe vera*-Blätter sind aus toxikologischer Sicht grundsätzlich nicht für den Verzehr geeignet. *Aloe vera*-Produkte aus dem Handel müssen den lebensmittelrechtlichen Vorschriften entsprechen und sollten hier bevorzugt verwendet werden.

Wasserlinsen

Eine relativ exotische Zutat für grüne Smoothies sind Wasserlinsen, umgangssprachlich auch Entengrütze genannt. Ursprünglich v. a. in asiatischen Ländern verzehrt, tauchen die grünen Blütenpflanzen seit geraumer Zeit auch in diversen Smoothie-Rezepten auf. Die kleinen Wasserlinsen stechen durch ihr wertvolles Aminosäure- und Fettsäureprofil hervor und bestehen ansonsten zu über 90 % aus Wasser. Darüber hinaus können sie aus dem Wasser bzw. Nährmedium sehr gut Mineralstoffe aufnehmen. Allerdings reichern sie auch toxische Stoffe, bspw. Schwermetalle, an und werden aus diesem Grund auch zur Abwasserbehandlung bzw. Phytosanierung eingesetzt [50, 51].

In Internetforen finden sich häufiger Rezeptideen mit „selbst geernteten“ oder „selbst gezüchteten“ Wasserlinsen. Welche genaue Art der fünf bekannten Gattungen dabei als Zutat dienen soll, ist meist nicht beschrieben. Aufgrund der zuvor beschriebenen Eigenschaften ist es jedoch nicht ratsam Wasserlinsen eigenständig zu züchten oder aus Teichen abzusammeln, da über diese je nach Wasserqualität auch verschiedene Umweltkontaminanten aufgenommen werden können.

In der EU gelten Wasserlinsen als neuartiges Lebensmittel und benötigen als solches vor der Vermarktung eine Zulassung. Erst kürzlich sind die Wasserlinsenarten *Wolffia globosa* und *Wolffia arrhiza* in der EU zugelassen worden und können somit zukünftig auch vermarktet werden [52].

Black Smoothies

Ein weiterer Trend sind *Black Smoothies*. Sie sollen den Körper entgiften und bspw. nach übermäßigem Alkoholkonsum gegen die auftretenden Symptome helfen [53]. In vielen Rezepten wird der Zusatz von ½ Teelöffel Aktivkohle für die Zubereitung eines „schwarzen Smoothies“ empfohlen. Diese Menge entspricht bereits der Dosis, die zu pharmazeutischen Zwecken angewandt wird, denn Aktivkohle bzw. medizinische Kohle wird hauptsächlich bei Durchfall sowie Vergiftungen eingesetzt [54]. Aufgrund

ihrer sehr großen Oberfläche kann die Kohle im Darm verschiedene (Schad-)Stoffe binden und dazu führen, dass diese über den Stuhl ausgeschieden werden [55].

Auch wenn wissenschaftliche Untersuchungen zu unerwünschten Effekten durch Verzehr von Aktivkohle über Lebensmittel fehlen, muss aufgrund der sehr unspezifischen Wirkweise (Adsorption organischer Moleküle durch Van der Waals-Kräfte) [56] davon ausgegangen werden, dass der Zusatz größerer Mengen Aktivkohle in Smoothies dazu führen kann, dass bestimmte Nährstoffe (z. B. Vitamine) nicht mehr aufgenommen werden. Gleichsam kann Kohle prinzipiell auch die Wirksamkeit von Medikamenten (u. a. die Anti-Baby-Pille oder Schmerzmittel) beeinträchtigen und zu Verstopfungen führen [57].

Aktivkohle (Pflanzenkohle) wird auch in der Lebensmittelindustrie als Farbstoff E 153 (*Carbo medicinalis vegetabilis*) in einigen Lebensmittelkategorien verwendet [58]. Im Vergleich zu den „Black Smoothie“-Rezepten sind die hier eingesetzten Mengen an Aktivkohle jedoch in der Regel sehr viel niedriger. Generell ist von einem regelmäßigen Verzehr von Aktivkohle in größeren Mengen aufgrund der beschriebenen Effekte abzuraten.

Pflanzliche Pulvermischungen

Rezepte von grünen Smoothies können auch pflanzliche Pulver(mischungen) beinhalten, die teilweise auch als „Superfood“-Pulver beworben werden. Beispiele hierfür sind Morinapulver, Gersten- und Weizengraspulver, Spirulinapulver oder auch Guarana- bzw. Matchapulver.

Bei der Verwendung dieser pflanzlichen Pulver sollte bedacht werden, dass bestimmte (Inhalts-)Stoffe unter Umständen in recht konzentrierter Form vorliegen können, bspw. Koffein aus Guaranasamen oder aus Matcha-Teeblättern. 1 Teelöffel (ca. 1,5 g) Guarana-Pulver kann so viel Koffein wie etwa eine Tasse Kaffee enthalten [59, 60].

Bei Matcha-Pulver hat sich zudem gezeigt, dass darin hohe Mengen an Aluminium enthalten sein können und sie dadurch einen relevanten Beitrag zur ohnehin hohen ernährungsbedingten Aluminiumaufnahme leisten können. Über das europäische Schnellwarnsystem RASFF wurden zudem Belastungen von Moringapulver oder Spirulinapulver mit Schwermetallen, krebserzeugenden polyzyklische aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und anderen Toxinen gemeldet [41, 61].



Mikrobielle Risiken

Bei der Verwendung von frischem Obst und Gemüse sowie anderen Pflanzen(teilen) für die Zubereitung von grünen Smoothies sollten in jedem Fall die allgemeinen Hygieneregeln in der Küche beachtet werden.

Beim Anbau sowie bei der weiteren Behandlung und Verarbeitung können die pflanzlichen Zutaten nämlich mit Keimen belastet werden. Aus diesem Grund sollten die pflanzlichen Zutaten vor der Zerkleinerung gründlich in frischem Wasser gewaschen werden. Frisch hergestellte grüne Smoothies sollten zudem bis zum Verzehr möglichst kühl bei maximal 7 °C gelagert und am Tag der Herstellung verbraucht werden. Die Zugabe von sauren Säften oder Zitrusfrüchten (ohne Schale) kann die Vermehrung der Keime verlangsamen [62].

Darüber hinaus können auch industriell verpackte, tiefgekühlte Beeren ein Risiko für Lebensmittelinfektionen bergen. Immer wieder führen lebensmittelassoziierte Keime aus tiefgekühlten Beerenmischungen zu teils schwerwiegenden Erkrankungen: Bspw. können durch enthaltene Noroviren schwere Durchfallerkrankungen ausgelöst werden. Daher wird empfohlen, tiefgefrorene Beeren nicht in rohem Zustand in Smoothies zu verwenden, sondern diese vor der Verwendung aufzukochen, um mögliche Keime abzutöten [63].

Weiterhin können Bakterien bei unsachgemäßer Lagerung und/oder Missachtung der gängigen Hygienepraxis das in Smoothies enthaltene Nitrat in Nitrit umwandeln. Eine zu hohe Nitrat- bzw. Nitritaufnahme kann insbesondere für Kleinkinder gefährlich werden, da es dadurch zu einer Unterversorgung des Blutes mit Sauerstoff (Methämoglobinämie) kommen kann [19, 64]. Aus diesem Grund sollten die Reste nicht verzehrter Smoothies, die nitratreiches Gemüse enthalten, unmittelbar und schnell gekühlt werden, damit vorhandene Mikroorganismen nicht zu einer vermehrten Nitritbildung beitragen können.

Von besonderer Bedeutung ist die Einhaltung einer adäquaten Küchenhygiene für empfindliche Verbrauchergruppen, wie immungeschwächte Personen, Schwangere, Stillende und (kleine) Kinder [65].

Fazit

Grüne Smoothies können einen wesentlichen Beitrag zur Aufnahme von Obst und Gemüse leisten und den Speiseplan sinnvoll bereichern. Sie enthalten häufig zahlreiche wertvolle Inhaltsstoffe – gerade wenn sie frisch hergestellt werden. Aus ernährungsphysiologischer Sicht ist jedoch zu bedenken, dass gerade Smoothies mit hohem Obstanteil einen beträchtlichen fruchteigenen Zuckergehalt aufweisen und zu einer relevanten Energieaufnahme führen können.

Bei der Verwendung der Zutaten sollte darauf geachtet werden, dass diese möglichst frisch sind und bei der Verarbeitung auf eine gute Küchenhygiene geachtet wird.

Es empfiehlt sich, Pflanzen(teile) in Smoothies einzusetzen, die auch traditionell als Lebensmittel verwendet werden und deren Verwendung daher als sicher angesehen werden kann. Dabei eignen sich insbesondere solche pflanzlichen Zutaten, die auch üblicherweise roh verzehrt werden. Beim Sammeln von Wildkräu-

tern sollten Laien hingegen besondere Vorsicht walten lassen, da bei einigen Kräutern Verwechslungsgefahr mit Giftpflanzen besteht. Grundsätzlich ist zudem eine möglichst abwechslungsreiche Nutzung unterschiedlicher Sorten an Obst, Gemüse und sonstigen Pflanzen(teilen) ratsam, um einerseits eine einseitige Nährstoffversorgung und andererseits eine längerfristig hohe Aufnahme potenziell gesundheitsschädlicher Stoffe zu vermeiden.

Interessenkonflikt

Die Autorin und die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dr. Julika Lietzow¹

Dr. Benjamin Sachse²

Prof. Dr. Bernd Schäfer³

Bundesinstitut für Risikobewertung

Max-Dohrn-Str. 8–10, 10589 Berlin

Abteilung Lebensmittelsicherheit

¹ julika.lietzow@bfr.bund.de

² benjamin.sachse@bfr.bund.de

³ bernd.schaefer@bfr.bund.de

Literatur

1. *Verbrauchs- und Medienanalyse – VuMA 2022: Bevölkering in Deutschland nach Häufigkeit des Konsums von Smoothies von 2018 bis 2021.* <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/181480/umfrage/haeufigkeit-konsum-von-smoothies/> (last accessed on 07 February 2022).
2. Hikisch B, Guth C, Dobrovicova M: *Grüne Smoothies.* Gräfe und Unzer Verlag: München 2013.
3. Kuchheuser P, Jost S, Birringer M: *Focus on Superfoods: A Critical View on Chiaseeds and Co.* *Aktuelle Ernährungsmedizin* 2021; 46: 36–40.
4. Röchter S, Clausen A: *Detox-Trend – Fragwürdige Detox-Lebensmittel für Schönheit und Gesundheit.* *Ernährungs Umschau* 2019; 66(5): M276–86.
5. DEBInet (Deutsche Ernährungsberatungs- und -informationsnetz): *Lebensmittel.* www.ernaehrung.de/lebensmittel/ (last accessed on 07 February 2022).
6. Stiftung Warentest: *test 3/2021 – Ernährung und Kosmetik – Bunt, fruchtig, selten.* 2021.
7. DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.): *Konsensuspapier Deutsche Adipositas-Gesellschaft e. V. (DAG), Deutsche Diabetes Gesellschaft e. V. (DDG), Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE): Quantitative Empfehlung zur Zuckeraufnahme in Deutschland.* 2018.
8. Bolton RP, Heaton KW, Burroughs LF: *The role of dietary fiber in satiety, glucose, and insulin: studies with fruit and fruit juice.* *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 211–7.
9. DGE DGfEeV: *Smoothies – Obst aus der Flasche.* 2007.



10. Bradford B: History of Safe Use. In: Hock FJ (ed.): Drug Discovery and Evaluation: Pharmacological Assays. Cham: Springer International Publishing 2016; 4043–6.
11. Noonan SC, Savage GP: Oxalate content of foods and its effect on humans. *Asia Pac J Clin Nutr* 1999; 8: 64–74.
12. Murkovic M: Toxische Pflanzeninhaltsstoffe (Alkaloide, Lektine, Oxalsäure, Proteaseinhibitoren, cyanogene Glykoside). In: Dunkelberg H, Gebel T, Hartwig A (eds.): *Handbuch der Lebensmitteltoxikologie*. Weinheim: Wiley-VCH 2007.
13. EFSA (European Food Safety Authority): Annual report of the Emerging Risks Exchange Network 2015. *EFSA Supporting Publications* 2016; EN-1067: 1–36.
14. Getting JE, Gregoire JR, Phul A, Kasten MJ: Oxalate nephropathy due to 'juicing': case report and review. *Am J Med* 2013; 126: 768–72.
15. Makkapati S, D'Agati VD, Balsam L: "Green Smoothie Cleanse" Causing Acute Oxalate Nephropathy. *Am J Kidney Dis* 2018; 71: 281–6.
16. Mahmoud T, Ghandour E, Jaar B: A hidden cause of oxalate nephropathy: a case report. *J Medical Case Rep* 2021; 15.
17. Savage GP, Vanhanen L, Mason SM, Ross AB: Effect of Cooking on the Soluble and Insoluble Oxalate Content of Some New Zealand Foods. *J Food Compos Anal* 2000; 13: 201–6.
18. Santamaria P: Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *J Sci Food Agric* 2006; 86: 10–7.
19. EFSA (European Food Safety Authority): Statement on possible public health risks for infants and young children from the presence of nitrates in leafy vegetables. *EFSA Journal* 2010; 8.
20. EFSA (European Food Safety Authority): Re-evaluation of potassium nitrite (E 249) and sodium nitrite (E 250) as food additives. *EFSA Journal* 2017; 15.
21. EFSA (European Food Safety Authority): Re-evaluation of sodium nitrate (E 251) and potassium nitrate (E 252) as food additives. *EFSA Journal* 2017; 15.
22. Europäische Kommission: Verordnung (EU) Nr. 1258/2011 der Kommission vom 2. Dezember 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bezüglich der Höchstgehalte für Nitrate in Lebensmitteln. *Amtsblatt der Europäischen Union* 2011; L 320.
23. AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit): Nitrat und Nitrit in Lebensmitteln. 2020.
24. LGL BLfGuL: Nitrat – Welche Salatarten enthalten wie viel? – Untersuchungsergebnisse 2015. 2015.
25. Europäische Kommission: Verordnung (EU) 2018/848 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates. *Amtsblatt der Europäischen Union* 2018; L150.
26. Favela-González KM, Hernández-Almanza AY, De la Fuente-Salcido NM: The value of bioactive compounds of cruciferous vegetables (Brassica) as antimicrobials and antioxidants: A review. *J Food Biochem* 2020; e13414.
27. Livesey G: Tolerance of low-digestible carbohydrates: a general view. *Br J Nutr* 2001; 85 Suppl 1: S7–16.
28. Suarez FL, Levitt MD: An understanding of excessive intestinal gas. *Curr Gastroenterol Rep* 2000; 2: 413–9.
29. Zia-ur-Rehman Z, Islam M, Shah WH: Effect of microwave and conventional cooking on insoluble dietary fibre components of vegetables. *Food Chemistry* 2003; 80: 237–40.
30. Abdel-Gawad AS: Effect of domestic processing on oligosaccharide content of some dry legume seeds. *Food Chemistry* 1993; 46: 25–31.
31. Cummings JH, Branch W, Jenkins DJ, Southgate DA, Houston H, James WP: Colonic response to dietary fibre from carrot, cabbage, apple, bran. *Lancet* 1978; 1: 5–9.
32. Eisenbrand G, Gelbke H-P: Assessing the potential impact on the thyroid axis of environmentally relevant food constituents/contaminants in humans. *Archives of Toxicology* 2016; 90: 1841–57.
33. Felker P, Bunch R, Leung AM: Concentrations of thiocyanate and goitrin in human plasma, their precursor concentrations in brassica vegetables, and associated potential risk for hypothyroidism. *Nutr Rev* 2016; 74: 248–58.
34. Smollich M, Podlogar J: Wechselwirkungen zwischen Arzneimitteln und Lebensmitteln. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH; 2020.
35. EFSA (European Food Safety Authority): Risk assessment of glycoalkaloids in feed and food, in particular in potatoes and potato-derived products. *EFSA Journal* 2020; 18.
36. EFSA (European Food Safety Authority): Acute health risks related to the presence of cyanogenic glycosides in raw apricot kernels and products derived from raw apricot kernels. *EFSA Journal* 2016; 14: e04424.
37. EFSA (European Food Safety Authority): Evaluation of the health risks related to the presence of cyanogenic glycosides in foods other than raw apricot kernels. *EFSA Journal* 2019; 17: e05662.
38. BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung): Zwei bittere Aprikosenkerne pro Tag sind für Erwachsene das Limit – Kinder sollten darauf verzichten. Aktualisierte Stellungnahme Nr 009/2015 des BfR vom 7 April 2015.
39. Abraham K, Buhrke T, Lampen A: Bioavailability of cyanide after consumption of a single meal of foods containing high levels of cyanogenic glycosides: a crossover study in humans. *Arch Toicol* 2016; 90: 559–74.
40. Wegrad M, Benneter S, Bertulat S, Kuhnert L, Honscha W: Avocados: Gold oder Gift? Persin-Intoxikationen bei Tieren. *Der Praktische Tierarzt* 2020; 101: 750–63.
41. BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit): BVL-Report 16.3. Berichte zur Lebensmittelsicherheit 2020. Monitoring – Gemeinsamer Bericht des Bundes und der Länder. 2022.
42. Europäische Kommission: Verordnung (EG) Nr. 396/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Februar 2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und Futtermitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs und zur Änderung der Richtlinie 91/414/EWG des Rates. *Amtsblatt der Europäischen Union* 2005; L70.
43. MLR (Ministerium für Ernährung – Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg): Ökomonitoring Baden-Württemberg 2020 – Ergebnisse der Untersuchungen von Lebensmitteln aus ökologischem Landbau. *MLR 14-2021-362021*.
44. EFSA (European Food Safety Authority): Risks for human health related to the presence of pyrrolizidine alkaloids in honey, tea, herbal infusions and food supplements. *EFSA Journal* 2017; 15.
45. BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung): Aktualisierte Risikobewertung zu Gehalten an 1,2-ungesättigten Pyrrolizidinalkaloiden (PA) in Lebensmitteln. Stellungnahme 026/2020 des BfR vom 17 Juni 2020.
46. Frohne D, Pfänder HJ: Giftpflanzen: Ein Handbuch für Apotheker, Ärzte, Toxikologen und Biologen. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH 2004.
47. Kingma JS, Frenay IM, Meinders AJ, van Dijk VF, Harmsze AM: [A poisonous spring smoothie with wild herbs: accidental intoxication with foxglove (*Digitalis purpurea*)]. *Ned Tijdschr Geneesk* 2020; 164.
48. EFSA (European Food Safety Authority): Safety of hydroxyanthracene derivatives for use in food. *EFSA Journal* 2018; 16.



49. CVUA Stuttgart (Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt): Verzehr und Zubereitung von ganzen Aloe-Blättern – ein Update. www.ua-bw.de/pub/beitrag.asp?suid=1&Thema_ID=2&ID=2792&Pdf=No&lang=DE (last accessed on 07 February 2022).
50. Appenroth K-J, Sree KS, Bog M, et al.: Nutritional Value of the Duckweed Species of the Genus *Wolffia* (Lemnaceae) as Human Food. *Frontiers in Chemistry* 2018; 6.
51. Ansari AA, Naeem M, Gill SS, ALZuaibr FM: Phytoremediation of contaminated waters: An eco-friendly technology based on aquatic macrophytes application. *Egypt J Aquat Res* 2020; 46: 371–6.
52. Europäische Kommission: Durchführungsverordnung (EU) 2021/2191 der Kommission vom 10. Dezember 2021 zur Genehmigung des Inverkehrbringens frischer Pflanzen der Arten *Wolffia arrhiza* und/oder *Wolffia globosa* als traditionelles Lebensmittel aus einem Drittland gemäß der Verordnung (EU) 2015/2283 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) 2017/2470 der Kommission. *Amtsblatt der Europäischen Union* 2021; L 445.
53. VerbraucherService Bayern im KDFB e. V.: Trend-Analyse Black Food. 2021.
54. Fachinformation: Kohle-Compretten®. P&G Health Germany GmbH 2021.
55. Aktorie K, Förstermann U, Hofmann FB, Starke K: *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie*. München: Elsevier GmbH 2009.
56. Olson KR: Activated charcoal for acute poisoning: one toxicologist's journey. *J Med Toxicol* 2010; 6: 190–8.
57. Zellner T, Prasa D, Färber E, Hoffmann-Walbeck P, Genser D, Eyer F: The Use of Activated Charcoal to Treat Intoxications. *Dtsch Arztebl Int* 2019; 116: 311–7. NICHT ZITIERT
58. EFSA (European Food Safety Authority): Scientific Opinion on the re-evaluation of vegetable carbon (E 153) as a food additive. *EFSA Journal* 2012; 10.
59. Koláčková T, Kolofíková K, Sytařová I, Snopek L, Sumczynski D, Orsavová J: Matcha Tea: Analysis of Nutritional Composition, Phenolics and Antioxidant Activity. *Plant Foods Hum Nutr* 2020; 75: 48–53.
60. Schimpl FC, da Silva JF, Gonçalves JFdC, Mazzafera P: Guarana: revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. *J Ethnopharmacol* 2013; 150 1: 14–31.
61. RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed): <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/screen/search> (last accessed on 07 February 2022).
62. BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung): Gras- und Blattprodukte zum Verzehr können mit krankmachenden Bakterien verunreinigt sein. Stellungnahme Nr 013/2017 des BfR vom 10 Juli 2017.
63. BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung): Tiefkühlbeeren vor dem Verzehr besser gut durchkochen. Aktualisiertes Merkblatt zur sicheren Verpflegung besonders empfindlicher Personengruppen in Gemeinschaftseinrichtungen 2013.
64. BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung): Fragen und Antworten zu Nitrat und Nitrit in Lebensmitteln. FAQ des BfR vom 11 Juni 2013.
65. BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung): Fragen und Antworten zum Schutz vor Lebensmittelinfektionen im Privathaushalt. Aktualisierte FAQ des BfR vom 9 September 2020.