Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

MRI
Max Rubner-Institut





Abschlussbericht

Initiale Charakterisierung ausgewählter Pflanzendrinks hinsichtlich ihrer Qualität und mikrobiologischer sowie chemischer Sicherheit

Stand: Dezember 2023

Initiale Charakterisierung ausgewählter Pflanzendrinks hinsichtlich ihrer Qualität und mikrobiologischer sowie chemischer Sicherheit

Max Rubner-Institut (MRI)
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel

Dezember 2023

Projektbearbeitung und Berichterstellung

Institut für Ernährungsverhalten

- Bernd Hartmann
- Larissa Pferdmenges
- Melanie Stöckl

Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung

- Dr. Karlis Briviba
- Dr. Ralf Krüger
- Dr. Alexandra Schamann
- Theresa Bäuerle

Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik

- Dr. Ralf Greiner
- Alena Lencioni
- Dr. Alexandra Müller

Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie

- Dr. Christina Böhnlein
- Dr. Jan Kabisch

Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide

- Dr. Ludger Brühl
- Dr. Alexandra Hüsken
- Dr. Georg Langenkämper
- Dr. Marcus Schmidt
- Dr. Christine Schwake-Anduschus
- Dr. Elisabeth Sciurba

Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch

- Dr. Ronald Maul
- Kim Lara Gützkow

Institut für Sicherheit und Qualität bei Obst und Gemüse

- Dr. Lara Frommherz
- Dr. Sebastian Soukup

Präsidialbüro

- Dr. Silvia Roser

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung **1**

1 Zusammenfassung **2**

2 Einleitung **3**

3 Methoden **4**

3.1 Probenziehung: Probenziehungsplan und Marktrecherchen 4

3.1.1 Erweiterte Probenziehung für die Mykotoxinanalytik 7

3.2 Analytische Methoden 7

3.3 Datendarstellung 9

4 Technologischer Exkurs **9**

5 Nährstoffzusammensetzung **10**

5.1 Makronährstoffe 10

5.1.1 Fettsäuren 12

5.1.2 Aminosäuren 13

5.2 Vitamine 15

5.2.1 Wasserlösliche Vitamine 15

5.2.2 Fettlösliche Vitamine 16

5.3 Elemente 18

5.3.1 Mengenelemente 18

5.3.2 Spurenelemente 19

6 Sekundärstoffe **20**

6.1 Phytosterine 21

6.2 Phytat 21

6.3 Sojaisoflavone 22

7 Chemische und mikrobiologische Sicherheit **23**

7.1 Pflanzenschutzmittel 23

7.2 Mykotoxine 24

7.3 Mikrobiologie 30

7.4 Schwermetalle 30

8 Ernährungsphysiologische Betrachtung als Milchersatz **32**

8.1 Makronährstoffe 32

8.1.1 Fett 32

8.1.2 Proteine 34

8.1.3 Kohlenhydrate 35
8.2 Vitamine 36
8.3 Mengen- und Spurenelemente 38
9 Ausblick 41
10 Anhang I

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Untersuchte Parameter, angewandte Analysemethoden mit Literaturquellen und Anzahl der Messwiederholungen (Doppel- bzw. Dreifachbestimmung). 8

Tabelle 2: Liste der in den Pflanzendrinks geprüften Wirkstoffe. 23

Tabelle 3: Übersicht der detektierten Mykotoxingehalte in den untersuchten Pflanzendrinks. 25

Tabelle 4: Mittlere Gehalte von gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks im Vergleich zu H-Milch mit 1,5 % Fett und 3,5 % Fett bzw. Verhältnisse der Fettsäuren zueinander. 33

Anhang Tabelle 1: Übersicht der gezogenen Proben mit Angaben zum Hersteller und Zutatenverzeichnis gruppiert nach Produktkategorien. I

Anhang Tabelle 2: Kennzahlen (Berechnungsgrundlage siehe Kapitel 3.3) und Bestimmungsgrenze (LOQ) der Analyseergebnisse bezogen auf die unterschiedlichen Produktkategorien (n = 12; n = 2 (Mischproben)). II

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über beteiligte MRI-Institute an der Bearbeitung des institutsübergreifenden Projekts „Pflanzendrinks“. EV: Institut für Ernährungsverhalten, GE: Institut für Sicherheit und Qualität von Getreide, LBV: Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik, MBT: Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, MF: Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch, Institut für Sicherheit und Qualität bei Obst und Gemüse, Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung 4

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Vorgehensweise in der Probenauswahl bzw. Probenziehung der Pflanzendrinks; *LEH: Lebensmitteleinzelhandel 6

Abbildung 3: Graphische Darstellung der Datenverteilung der Makronährstoffe als Box/Scatter Plots in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks. 12

Abbildung 4: Prozentuale (gemittelte) Zusammensetzung der einzelnen Fettsäuren in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks. 13

Abbildung 5: Prozentuale (gemittelte) Zusammensetzung der Aminosäuren in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks. 14

Abbildung 6: Graphische Übersicht der mittleren Konzentrationen (in µg/100 g) der wasserlöslichen Vitamine in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks als Barplots. 15

Abbildung 7: Graphische Übersicht der mittleren Konzentrationen (in µg bzw. mg/100 g) von Vitamine A und E in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks als Barplots. 17

Abbildung 8: Graphische Übersicht der mittleren Konzentrationen (in mg/100 g) der Mengenelemente in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks als Barplots. 19

Abbildung 9: Graphische Übersicht der mittleren Konzentrationen (in µg/100 g) der Spurenelemente in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks als Barplots. 20

Abbildung 10: In Sojadrinks analysierte Mykotoxine, dargestellt für die einzelnen untersuchten Proben (n = 12). 26

Abbildung 11: In Haferdrinks analysierte Mykotoxine, dargestellt für die einzelnen untersuchten Proben. 27

Abbildung 12: In Mandeldrinks analysierte Mykotoxine, dargestellt für die einzelnen untersuchten Proben. 27

Abbildung 13: Graphische Darstellung der Zusammensetzung von gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks im Vergleich zu H-Milch (1,5 und 3,5 % Fett). 34

Vorbemerkung

Die Arbeiten zu vorliegendem Bericht wurden im Zeitraum vom 01.01.2022 bis 15.11.2023 durchgeführt. Beim vorliegenden Dokument handelt es sich um den **Abschlussbericht.**

Im Rahmen des Projektes arbeiteten 20 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie weitere Labormitarbeiterinnen und -mitarbeiter aus sieben unterschiedlichen Instituten des MRI zusammen.

1 Zusammenfassung

Ziel dieses institutsübergreifenden Projektes ist die Charakterisierung von ausgewählten **ungesüßten und nicht angereicherten pflanzlichen Drinks (Soja-, Mandel- und Haferdrinks)** hinsichtlich ihrer Qualität und Sicherheit (Zusammensetzung, Verdaulichkeit, Mikrobiologie, Rückstände und Kontaminanten).

Es wurden insgesamt 36 Proben (Hafer-, Soja- und Mandeldrinks) analysiert. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen stellten die nicht angereicherten und ungesüßten Produkte das größte Segment innerhalb der Produktgruppe auf dem deutschen Markt dar.

Die umfangreichen Untersuchungen der Zusammensetzung der pflanzlichen Milchalternativen basieren auf einem breiten Spektrum an analytischen Methoden, die am MRI zur Verfügung stehen (Makronährstoffe, Vitamine und Elemente). Die erhobenen Nährstoffdaten werden in die Datenbank des Bundeslebensmittelschlüssels (BLS) aufgenommen.

Untersuchungen zur mikrobiologischen Beschaffenheit und die Analytik von unerwünschten Stoffen (Mykotoxine, Schwermetalle und Rückstände) beleuchten die stoffliche sowie mikrobiologische Sicherheit der Pflanzendrinks. Die im Projekt bearbeiteten ernährungsphysiologischen Aspekte umfassen die Verdaubarkeit dieser Produkte in einem *in vitro*-System. Die Analytik von weiteren sekundären Inhaltsstoffen wurde durchgeführt.

Die Ergebnisse der **Nährstoffanalytik** und der **ernährungsphysiologischen Bewertung** zeigen, dass die Pflanzendrinks im Vergleich zu Kuhmilch einen höheren Gehalt an ungesättigten Fettsäuren aufweisen. Auch der höhere Vitamin E- und Eisengehalt sind günstig zu bewerten. Als ernährungsphysiologisch ungünstig zu bewerten ist vor allem der in Pflanzendrinks niedrigere Gehalt an Calcium, Jod und Vitaminen, davon vor allem Vitamin B_{12}. Unter den drei untersuchten Produktkategorien wiesen Sojadrinks größtenteils die höchsten Gehalte an Vitaminen, Mengen- und Spurenelementen sowie die höchsten Proteingehalte und die günstigste ernährungsphysiologische Proteinqualität auf.

In Bezug auf die **Sicherheit** der Produkte wurden, neben unauffälligen Ergebnissen der Schwermetalluntersuchungen, sehr geringe und als unkritisch zu bewertende Mengen des unerwünschten Pflanzenschutzmittels Fluopyram in zwei Proben unterschiedlicher Chargen eines Herstellers nachgewiesen. In allen anderen Produkten konnten keine Pflanzenschutzmittel-Rückstände nachgewiesen werden. Aus mikrobiologischer Sicht handelt es sich bei den untersuchten Proben um Lebensmittel, welche durch sehr geringe Gesamtkeimzahlen und die Abwesenheit von pathogenen Bakterien gekennzeichnet sind. Basierend auf den 36 Kernproben des Projektes sowie den 37 ergänzend auf Mykotoxine analysierten Hafer- und Mandelprodukten lässt sich allerdings zusammenfassend ableiten, dass ein hoher Verzehr von Pflanzendrinks zu einem zusätzlichen Eintrag von bestimmten Mykotoxinen in die Ernährung führen *kann*. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat in seiner Stellungnahme "Mykotoxine in Pflanzendrinks“ die

gesundheitlichen Risiken durch den Verzehr von Pflanzendrinks anhand der vom MRI-ermittelten Mykotoxin-Gehalten bewertet.

2 Einleitung

Bislang existieren keine Studien, die verschiedene Pflanzendrinks des deutschen Marktes umfassend hinsichtlich ihrer Qualität und Sicherheit untersuchen. Die bisher veröffentlichten wissenschaftlichen Daten zur Zusammensetzung der Hauptinhaltsstoffe, Vitamine und Elemente von Pflanzendrinks sind nur begrenzt geeignet, um eine zuverlässige Charakterisierung und Bewertung dieser Produktgruppe vorzunehmen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Nährstoffdaten in der Veröffentlichung auf Labelangaben der Produkte basieren, die Daten durch eine heterogene und wenig differenzierende Probenziehung erhalten wurden oder in den entsprechenden Publikationen nur ausgewählte Nährstoffe analytisch untersucht wurden und somit die resultierenden Daten nicht kohärent sind [1]. Ebenso finden sich für Rückstände und Kontaminanten in pflanzenbasierten Getränken des deutschen Marktes nur vereinzelt Ergebnisse in der Literatur.

Aufgrund verschiedener gesundheitlicher (Laktoseintoleranz und Kuhmilchallergien) sowie ethisch-ökologischer Aspekte (industrialisierte Milcherzeugung, Massentierhaltung und ökologischer Fußabdruck), die im Zusammenhang mit dem Verzehr von Kuhmilch aufgeführt werden, ist die Nachfrage nach alternativen Produkten auf pflanzlicher Basis weltweit gestiegen. Die Lebensmittelindustrie hat auf diese Nachfrage reagiert und verschiedene Pflanzendrinks auf den Markt gebracht, die als Milchalternativen aus pflanzlichen Quellen beworben werden, darunter Mandel-, Hafer- und Sojadrinks. Der Pro-Kopf-Absatz der Pflanzendrinks lag im Jahr 2022 mit rund 22,8 l/Kopf noch weit hinter dem der tierischen Milch mit 105 l/Kopf. Die Pflanzendrinks sind mittlerweile dennoch fester Bestandteil im Sortiment der Supermärkte, die sich zunehmender Beliebtheit erfreuen [2]. Für pflanzliche Alternativen wird ein Anstieg im Umsatz von 610 Mio. (2022) auf 1,21 Mrd. Euro in 2027 in Deutschland prognostiziert [3].

Die in der vorliegenden Studie gewonnenen Informationen zu den Inhaltsstoffen der pflanzlichen Milchalternativen ergänzen den Bundeslebensmittelschlüssel (BLS) um Daten zu einer wichtigen Produktgruppe mit steigender Marktrelevanz. Sie ermöglichen darüber hinaus die Identifizierung von spezifischen stofflichen sowie mikrobiologischen Kontaminationsrisiken, welche in Folgeprojekten adressiert werden können.

Die Planungsphase des Projektes hat Mitte 2021 begonnen, der offizielle Start erfolgte im Januar 2022. Im Rahmen des Projektes arbeiteten 20 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie weitere Labormitarbeiterinnen und -mitarbeiter aus sieben unterschiedlichen Instituten des MRI zusammen, um eine möglichst umfassende Charakterisierung dieser Produktgruppe zu erreichen (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Übersicht über beteiligte MRI-Institute an der Bearbeitung des institutsübergreifenden Projekts „Pflanzendrinks“. EV: Institut für Ernährungsverhalten, GE: Institut für Sicherheit und Qualität von Getreide, LBV: Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik, MBT: Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, MF: Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch, Institut für Sicherheit und Qualität bei Obst und Gemüse, Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung

3 Methoden

3.1 Probenziehung: Probenziehungsplan und Marktrecherchen

Die **Probenziehung** in diesem Projekt erfolgte anhand der Kriterien, wie sie bei Untersuchungen für Nährstoffdatenbanken angesetzt werden. Hierzu zählen die Berechnung der theoretischen Mindestprobenzahl basierend auf der natürlichen Streuung einzelner Nährstoffe [4] und die Probenauswahl unter Berücksichtigung ausgewählter Charakteristika des deutschen Marktes [5].

Die Nährstoffgehalte der verarbeiteten Produkte unterliegen einer Vielzahl an Einflussfaktoren. Hierzu zählen u. a. die Anbaubedingungen und die Nährstoffgehalte der Rohstoffe, die Rezepturen, die Haltbarmachungsverfahren und die Lagerbedingungen. Über viele dieser Faktoren liegen dem MRI keine Informationen vor. Allerdings konnten im Rahmen dieses Projekts bei der Probenziehung einzelne Faktoren, wie die Einkaufsstätte, der Hersteller, die Herkunft (sofern auf dem Label angegeben), die Zutatenliste und Informationen über Anreicherungen, das Produktionssystem (bio/konventionell) und die Haltbarkeit der Produkte berücksichtigt werden.

Sowohl die genannten Einflussfaktoren als auch Informationen über die Streuung der Nährstoffgehalte in Pflanzendrinks, insbesondere aus der wissenschaftlichen Literatur, bildeten die Grundlage für die Berechnung der benötigten theoretischen Mindestprobenanzahl pro Produktkategorie, um die Streuungen aller Nährstoffe mit Sicherheit abzudecken. Da eine Probenzahl, die diese berücksichtigt hätte, das zur Verfügung stehende Budget und die vorhandenen Produkte am Markt überschritten hätte, wurde die Mindestprobenzahl nach einem internen Standardverfahren zur Probenziehung für den BLS

basierend auf einer Veröffentlichung von Sirot et al. (2009) [6] festgelegt und führte zu sechs Einzelproben (n=6) pro Kategorie.

Die der Probenziehung zugrunde liegenden Marktdaten wurden dem Statistik-Portal Statista und der *Innova New Product Database* entnommen. Ebenso diente als Grundlage der Probenauswahl für die Probenziehung ab Herbst 2021 eine Untersuchung zu Hafer- bzw. Sojadrinks von Stiftung Warentest in den Ausgaben *test* 08/2018 [7] und 05/2020 [8].

Die durchgeführte **Marktrecherche** ergab, dass 60 % der recherchierten Produkte weder mit Vitaminen oder Elementen angereichert, noch gesüßt waren, sodass der Fokus in diesem Projekt auf ungesüßten und nicht angereicherten Produkten liegt. Innerhalb dieses Marktsegmentes waren zum Zeitpunkt der Probenziehung nahezu nur Bioprodukte verfügbar. Mit Hilfe der Analysenergebnisse können anschließend die Nährstoffdaten von Produkten mit Anreicherungen und Süßungen modelliert werden. Hierzu können die Zusätze auf dem Markt befindlicher angereicherter Pflanzendrinks recherchiert und mit den erhobenen Grunddaten verrechnet werden, ohne dass zusätzliche Laboranalysen erforderlich sind.

Da Light- und Barista Produkte zum Zeitpunkt der Untersuchung nur einen geringen Anteil der Produkte am Markt ausmachten, wurden sie bei der Probenziehung nicht mit berücksichtigt (vgl. Interne Recherche [9]).

Im **Probenziehungsplan** wurde eine möglichst breite Marktabdeckung in Bezug auf nicht angereicherte und ungesüßte Produkte angestrebt. Bei der Ziehung der Stichprobe wurden die drei am häufigsten konsumierten Produktkategorien Hafer-, Soja- und Mandeldrinks ausgewählt [10]. Auf eine Ziehung von Mischprodukten wurde verzichtet und nur Drinks basierend auf einem Rohstoff gezogen. Diese Auswahl berücksichtigte sowohl Eigenmarken als auch Handelsmarken und wurde entsprechend der Anzahl der vom Hersteller auf dem Markt erhältlichen Produkte laut der *Innova New Product Database* getroffen. Valide statistische Daten zu den Marktanteilen der unterschiedlichen Hersteller bzw. Marken waren zum Zeitpunkt der Probenziehung nicht verfügbar.

Basierend auf der Marktrecherche waren die zu untersuchenden Pflanzendrinks deutschlandweit im Lebensmitteleinzelhandel erhältlich. Im Zeitraum von November 2021 bis Februar 2022 wurden 36 Proben in unterschiedlichen Einkaufsstätten gezogen. Dabei wurden für jede Produktkategorie (Hafer-, Soja- und Mandeldrinks) sechs Produkte von sechs verschiedenen Marken ausgewählt (siehe Anhang Tabelle 1). Von diesen sechs Produkten wurden jeweils zwei verschiedene Chargen (n = 12 Proben) zu unterschiedlichen Zeitpunkten gekauft. Basierend auf der Recherche in der *Innova New Product Database* (s. o.) wurden mit den sechs ausgewählten Marken pro Kategorie 15–40 % der nicht angereicherten und ungesüßten Produkte auf dem Markt abgedeckt.

Die Vorgehensweise zur Probenauswahl bzw. die Probenziehung ist in nachfolgendem Flussdiagramm schematisch dargestellt:

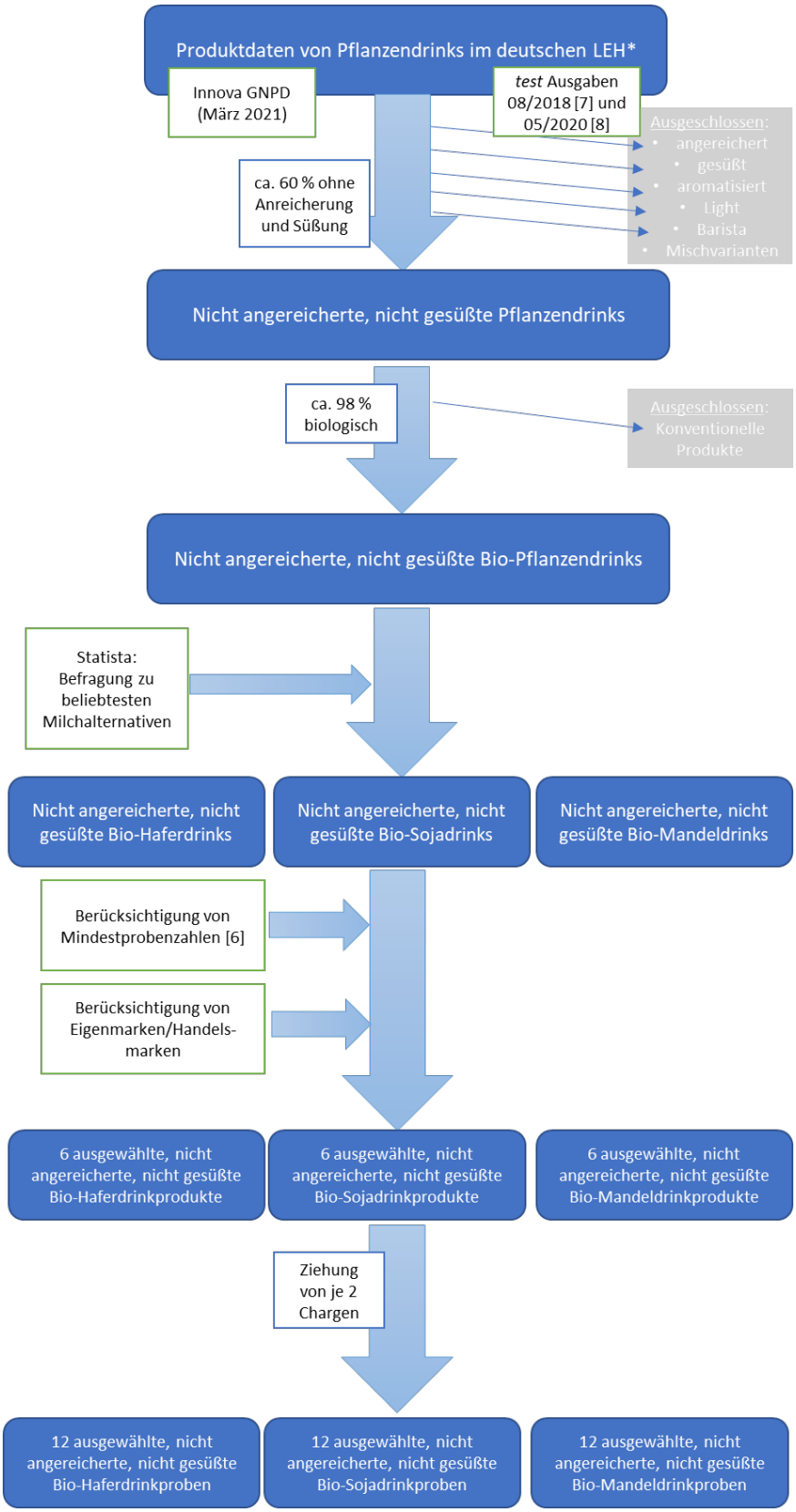


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Vorgehensweise in der Probenauswahl bzw. Probenziehung der Pflanzendrinks; *LEH: Lebensmitteleinzelhandel

Die Durchführung der **Probenziehung** inklusive Logistik und Dokumentation erfolgte zentral am Standort Karlsruhe.

Fazit: Im Rahmen des Projektes wurden insgesamt 36 Proben der Produktkategorien Hafer-, Soja- und Mandeldrinks gezogen. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen stellten die nicht angereicherten und ungesüßten Produkte das größte Segment innerhalb der Produktgruppe auf dem deutschen Markt dar. Hierbei handelt es sich ausschließlich um Produkte mit Bio-Siegel.

Die gewonnenen Daten werden in den BLS aufgenommen. Mit Hilfe der Analysenergebnisse können anschließend während der BLS-Versionsberechnung die Nährstoffdaten von Produkten mit Anreicherungen und Süßungen modelliert werden.

3.1.1 Erweiterte Probenziehung für die Mykotoxinanalytik

Bei der Analytik des ursprünglichen Probensatzes des Projektes (siehe Kapitel 3.1) wurden in den Hafer- und Mandeldrinks diverse Gehalte an Mykotoxinen nachgewiesen. Um diese Analyseergebnisse zu verifizieren und um auszuschließen, dass es sich hierbei um Einzelfälle handelte, wurde der ursprüngliche Probensatz erweitert.

Hierzu wurden gegen Ende des Jahres 2022 in Supermärkten in Detmold und Kiel weitere 25 Hafer- und 12 Mandeldrinkproben erworben, sodass insgesamt 25 Mandeldrinks, 43 Haferdrinks und 12 Sojadrinks auf Mykotoxine untersucht wurden. Es handelte sich hierbei neben Bioprodukten auch um konventionelle Produkte. Analog zur Hauptziehung wurden (siehe Kapitel 3.1) Mischprodukte aus z. B. Soja und Hafer ausgeschlossen. Jedoch wurden nun auch gesüßte und angereicherte Produkte einbezogen, um eine weitreichendere Datenlage zu schaffen und umfassendere Analysen zu ermöglichen.

3.2 Analytische Methoden

Die im Projekt untersuchten Proben wurden, sofern etabliert, mit standardisierten Methoden untersucht (siehe Tabelle 1). Die Untersuchungen der Ballaststoffe, Aminosäuren und Phytat wurden in gefriergetrocknetem Probenmaterial durchgeführt.

Für die Analysen von fettlöslichen Vitaminen (Carotinoide und Vitamin K), wasserlöslichen Vitaminen (B_3 (Niacin), B_7 (Biotin), B_5 (Pantothensäure), B_9 (Gesamtfolate)) und Ballaststoffen wurden Poolproben verwendet. Ebenso wurden die Ballaststoffe in Soja- und Mandeldrinks in einer Poolprobe untersucht. Gründe hierfür waren, neben Kostengründen, Hinweise aus vorliegenden Publikationen bzw. Kenntnisse über die Rohstoffe und Zutaten, die nahelegten, dass die erwarteten Gehalte dieser Analyten gering sind.

Tabelle 1: Untersuchte Parameter, angewandte Analysemethoden mit Literaturquellen und Anzahl der Messwiederholungen (Doppel- bzw. Dreifachbestimmung).

Analyt	Methode	Literatur	Mess-wieder-holungen
Trockenmasse/Wasser	AOAC 950.46	-	2
Protein/Stickstoff	ICC Standard 167	-	3
Fett	Weibull-Stoldt Methode	Monakhova et al., 2013 [11]	2
Lösliche Zucker	Anionenaustausch-chromatigraphie, HPAEC-PAD	Schmidt & Sciurba, 2021 [12]	2
Asche	AOAC 023.03	-	2
Stärke	Methode von Ewers (ISO 10520)	-	2
Ballaststoffe	AOAC 991.43	-	2
Fettsäuren	DGF C-VI 10a (16) und DGF C-VI 11d (19)	-	2
Aminosäuren	HPLC-FLD	Buta et al. 2019 [13]	2
Thiamin, Riboflavin	HPLC-FLD	Oguntoyinbo et al., 2016 [14]	2
Vitamin C	§ 64 LFGB, L 00.00-171	-	2
Niacin, Biotin, Pantothensäure, Gesamtfolat	enzymatisch, LC-MS/MS	-	2
Vitamin B_6	DIN EN 14663 mod.	-	2
Vitamin E/Tocopherole	DGF F-II 4a (00)	-	2
Vitamin A/Carotinoide	HPLC-UV/VIS	-	3
Vitamin K	RP-HPLC-MS/MS	-	2
Elemente (inkl. Schwermetalle)	ICP-MS	-	3
Chlorid	AOAC 2016.03	-	2
Schwefel	ICC Standard 167	-	3
Phytosterine	LC-GC-FID	Kresse M., 2019 [15]	2
Isoflavone	LC-DAD	angelehnt an Shao et al. mit einigen Modifikationen [16]	2
Phytat	HPLC-RID	angelehnt an Sandberg and Ahderinne [17]	5
Pflanzenschutzmittel	DIN EN 15662:2018	-	2
Mykotoxine	LC-MS/MS	-	2

Analyt	Methode	Literatur	Mess-wieder-holungen
Aerobe Gesamtkeimzahl	DIN EN ISO 4833		2
Enterobacteriaceae	§ 64 LFBG 01.00-3		2
Pseudomonas spp.	VDLUFA M 7.12.2		2
Listeria monocytogenes	DIN EN ISO 11290-1		2
Bacillus cereus präsumptiv	DIN EN ISO 7932		2
sulfitreduzierende Clostridien	ISO 15213		2
Hefen und Schimmelpilze	DIN 10186		2

3.3 Datendarstellung

Eine Zusammenfassung der Analyseergebnisse findet sich im Anhang Tabelle 2. Im Projekt wurden von sechs Herstellern jeweils zwei Chargen untersucht (siehe Anhang Tabelle 1). Die Analyseergebnisse der jeweiligen Chargen eines Herstellers wurden zu einem Mittelwert zusammengefasst und anschließend ein Mittelwert über die verschiedenen Produkte einer Produktkategorie (Hafer-, Mandel-, Sojadrink) gebildet (n = 6). Die minimalen und maximalen Gehalte beziehen sich somit auf die Schwankungen zwischen den einzelnen Herstellern. In den Graphiken in Kapitel 5 wurden die Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze (*limit of quantification* - LOQ) nicht ersetzt.

4 Technologischer Exkurs

Pflanzendrinks werden durch Extraktion des zerkleinerten pflanzlichen Ausgangsmaterials (Rohstoffe hier: Hafer, Mandel oder Soja) mit Wasser hergestellt. Nach Filtration und Homogenisierung dieser Flüssigkeit entsteht ein Produkt, was in Aussehen und Konsistenz einer Kuhmilch ähnelt. Die genaue Herstellung der Produkte variiert je nach eingesetztem Rohstoff [18].

Zutaten, die unter anderem bei der weiteren Verarbeitung zugesetzt werden können, sind verschiedene Verdickungsmittel, Sonnenblumenlecithin bzw. -öl für Textur und Mundgefühl, ausgewählte Mikronährstoffe zur Anreicherung (wie Kalzium, B-Vitamine und Vitamin D), Salz und Zutaten für Aroma, Farbe und Geschmack.

Als Besonderheit der Haferdrinks ist auf die Verwendung von Enzymen bei der Herstellung hinzuweisen. Die relativ hohe Konzentration an Stärke im Haferkorn (ca. 52 %, Bundeslebensmittelschlüssel (BLS), Version 4.0, unveröffentlicht [19]) stellt ein Problem bei der Herstellung einer stabilen Emulsion und insbesondere bei der Wärmebehandlung z. B. zur Haltbarmachung der Haferdrinks dar. Durch Erwärmung beginnt die Stärke zu gelieren; die gelartige Konsistenz ist bei diesem Produkt allerdings nicht gewünscht. Um die getränkeähnliche Konsistenz zu erhalten, werden die Haferdrinks daher in der Regel

mit Enzymen (Amylasen) behandelt, welche die Stärke hydrolysieren. Folglich wird die Verdickung während der Wärmebehandlung verhindert. Produkte aus der Stärkehydrolyse sind verschiedene Polysaccharide, Maltose und Glukose. Die wasserlöslichen Zucker finden sich dann im Endprodukt. So kann es vorkommen, dass in Haferdrinks prozessbedingt selbst ohne zusätzlichen Zuckerzusatz dennoch nennenswerte Zuckergehalte (bis ca. 6 g/100 ml) zu finden sind.

Ferner hat Hafer einen relativ geringen Fettgehalt (ca. 7 g/100 g) [19]. Zur Verbesserung des Mundgefühls (Cremigkeit) sowie zur Verbesserung des Aufschäumverhaltens wird den Haferdrinks daher häufig Sonnenblumenöl zugesetzt. Sojabohnen und Mandeln hingegen haben einen im Vergleich zu Hafer höheren Fettgehalt (Mandeln ca. 50 g/100 g, Soja ca. 18 g/100 g [19], weshalb ein Zusatz von Sonnenblumenöl in den daraus hergestellten Drinks nicht üblich ist.

Ein wesentliches Element bei der Herstellung von Sojadrinks ist die Vermeidung des typischen Bohnenaromas im Endprodukt durch den Einsatz von Lipoxygenasen, die die ungesättigten Fettsäuren im Sojadrink oxidieren. Hierfür bedarf es eines mehrstufigen Herstellungsprozesses, welcher u. a. ein alkalisches Einweichen, ein mehrfaches Erhitzen, Vakuumbehandlung bei hoher Temperatur, Blanchieren in kochendem Wasser als auch die Verwendung von Sojaproteinisolaten beinhalten kann.

5 Nährstoffzusammensetzung

5.1 Makronährstoffe

Die Daten zu den Makronährstoffen sind graphisch in Abbildung 3 zusammengefasst.

Da es sich um flüssige Produkte handelt, ist der Wassergehalt relativ hoch und liegt im Mittel zwischen 91,12 und 96,33 g/100 g.

Bei der Betrachtung der Gesamtfettgehalte sind die Schwankungsbreiten der Ergebnisse innerhalb der jeweiligen Produktgruppen deutlich. Diese liegen bei 0,43–1,44 g/100 g bei den Haferdrinks, bei 1,32–2,94 g/100 g bei den Mandeldrinks und bei 1,30–1,47 g/100 g bei den Sojadrinks. Die höchste Schwankungsbreite liegt also bei den Mandeldrinks vor.

Die Ergebnisse der Rohproteingehalte zeigen eine Variabilität von 0,20–1,44 g/100 g für Haferdrinks, von 0,42–1,25 g/100 g für Mandeldrinks und von 2,92–3,58 g/100 g für Sojadrinks. Sojadrinks haben somit die höchsten Rohproteingehalte und die geringste Variabilität zwischen den einzelnen Herstellern und den eingekauften Chargen.

Stärke konnte in Mandel- und Sojadrinks nur in Spuren gefunden werden. Auch bei den Haferdrinks waren die Stärkegehalte mit durchschnittlich 0,18 g/100 g gering. Allerdings wurden auch hier Unterschiede zwischen den einzelnen Drinks beobachtet.

Der mittlere Gehalt an Gesamtballaststoffen der Haferdrinks lag bei 0,45 g/100 g. Dieser setzt sich aus 0,31 g/100 g unlöslichen und 0,15 g/100 g wasserlöslichen Ballaststoffen

zusammen. Schwankungen zwischen den einzelnen Produkten im Gesamtballaststoffgehalt lagen zwischen 0,17 und 0,79 g/100 g. Bei den Soja- und Mandeldrinks wurde jeweils eine Mischprobe untersucht. Die Mandeldrinks wiesen im Vergleich zu den Haferdrinks mit 0,13 g/100 g einen deutlich geringeren Ballaststoffgehalt auf, der nahezu komplett auf unlöslichen Ballaststoffen (0,12 g/100 g) basierte. Für Sojadrinks lag der durchschnittliche Ballaststoffgehalt bei 1,76 g/100 g. Auch hier lag der überwiegende Teil der Ballaststoffe (1,69 g/100 g) als unlösliche Ballaststoffe vor, während der Gehalt wasserlöslicher Ballaststoffe bei nur 0,07 g/100 g lag. Somit enthielten die Haferdrinks den höchsten Gehalt wasserlöslicher Ballaststoffe, während die Sojadrinks den höchsten Gesamtballaststoffgehalt enthielten.

Als lösliche Zucker wurden Glukose, Fruktose, Maltose und Saccharose bestimmt. Die Fruktosegehalte lagen bei durchschnittlich 0,113 g/100 g in den Haferdrinks, 0,002 g/100 g in den Mandeldrinks und 0,008 g/100 g in den Sojadrinks. Im Fall der Saccharose wurden durchschnittlich 0,087 g/100 g in den Haferdrinks, 0,168 g/100 g in den Mandeldrinks und 0,366 g/100 g in den Sojadrinks bestimmt.

Es wurden ausschließlich Pflanzendrinks ohne zugesetzten Zucker untersucht. Mit Ausnahme von Glukose und Maltose in Haferdrinks sind die Zuckergehalte der Pflanzendrinks sehr gering. Der durchschnittliche Maltosegehalt der Haferdrinks lag bei 1,07 g/100 g, die durchschnittlichen Glukosegehalte lagen bei 2,55 g/100 g in Hafer-, 0,003 g/100 g in Mandel- und 0,015 g/100 g in Sojadrinks. Die Haferdrinks enthalten somit die höchsten Glukosegehalte und einen relativ hohen Maltosegehalt; diese resultieren wahrscheinlich aus dem in Kapitel 4 beschriebenen (enzymatischen) Stärkeabbau. Ist der Stärkeabbau noch nicht fortgeschritten, so ist auch der Glukosegehalt gering, sodass in der Haferdrinkprobe mit dem höchsten Stärkegehalt der geringste Glukosegehalt zu verzeichnen ist. Umgekehrt ist durch den Stärkeabbau in Haferdrinks zu beachten, dass auch Produkte ohne zugesetzten Zucker im Verhältnis relativ hohe Maltose- und/oder Glukosegehalte enthalten können. Auch bei diesen Analyten sind zwischen den einzelnen Herstellern verhältnismäßig große Schwankungsbreiten (Glukose: 0,06–4,52 g/100 g; Maltose: 0,26–2,95 g/100 g) zu beobachten.

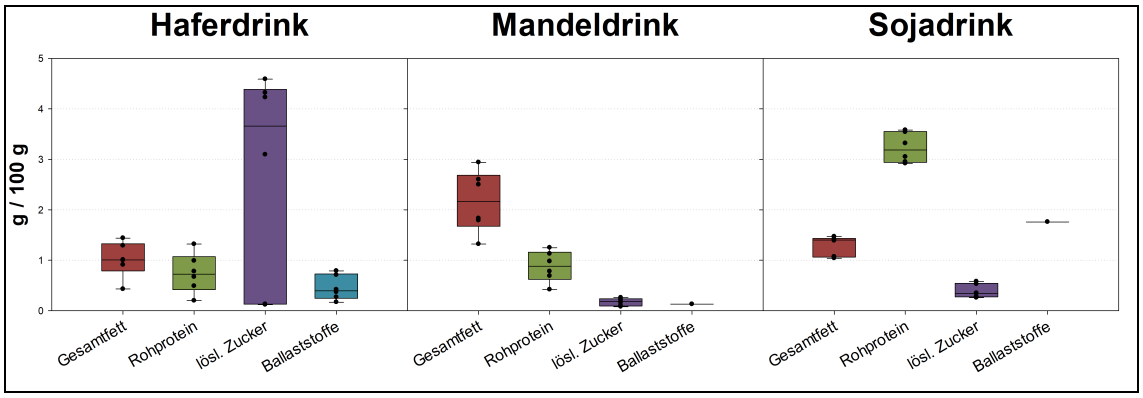


Abbildung 3: Graphische Darstellung der Datenverteilung der Makronährstoffe als Box/Scatter Plots in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks.

Dargestellt sind die Minimal- und Maximalwerte sowie der Median der Gehalte an Gesamtfett, Rohprotein und löslichen Zuckern. Die Punkte bilden die Messwerte der Proben dar. Die Box wird durch das untere und obere Quartil begrenzt, in ihr befinden sich jeweils 50 % der gemessenen Daten. Die löslichen Zucker wurden als Summe von Saccharose, Glukose und Fruktose dargestellt.

Fazit: Die höchsten Gehalte an löslichen Zuckern wurden in den Haferdrinks festgestellt, während die Mandeldrinks die höchsten Gehalte an Gesamtfett aufwiesen. Sojadrinks hingegen wiesen den höchsten Gehalt an Gesamtprotein auf. Unterschiedliche Gehalte an Makronährstoffen sind zunächst durch die Verwendung unterschiedlicher Rohstoffe zu erklären (Hafer, Mandel und Soja). Weitere Einflussgrößen sind die verschiedenen Herstellungsschritte und Rezepturen der jeweiligen Hersteller bzw. des jeweiligen Produktes. Die dadurch bedingten Schwankungen in den Nährstoffgehalten innerhalb einer Kategorie sind insbesondere bei den Fettgehalten in den Mandeldrinks (1,3–2,9 g/100 g) und den Gehalten an löslichen Zuckern in den Haferdrinks (siehe Abbildung 3: 0,1–4,6 g/100 g) sichtbar.

5.1.1 Fettsäuren

Bei der Fettsäureverteilung (siehe Abbildung 4 und Tabelle 2 im Anhang) der Pflanzendrinks sind in allen drei Kategorien die Ölsäure und die Linolsäure die mengenmäßig vorherrschenden Fettsäuren. Fünf von sechs Herstellern haben den in dieser Studie untersuchten Haferdrinks Sonnenblumenöl zugesetzt; dieser Zusatz beeinflusst die Fettsäurezusammensetzung. Aufgrund der jeweils vorherrschenden Fettsäuren handelte es sich bei den Zusätzen um traditionelles Sonnenblumenöl mit hohem Linolsäureanteil sowie ölsäurereiche Sorten. Bei einem Produkt ließ sich ein Wechsel der zugesetzten Ölsorte von herkömmlichem Sonnenblumenöl zu Sonnenblumenöl mit höherem Ölsäuregehalt von der ersten zur zweiten Probenziehung erkennen. Während die Mandeldrinks einen hohen Anteil an Ölsäure (18:1, D9) aufwiesen, zeichneten sich die Sojadrinks durch den charakteristisch höheren Anteil an alpha-Linolensäure (18:3, D9,12,15) als eine Quelle für Omega-3-Fettsäuren aus.

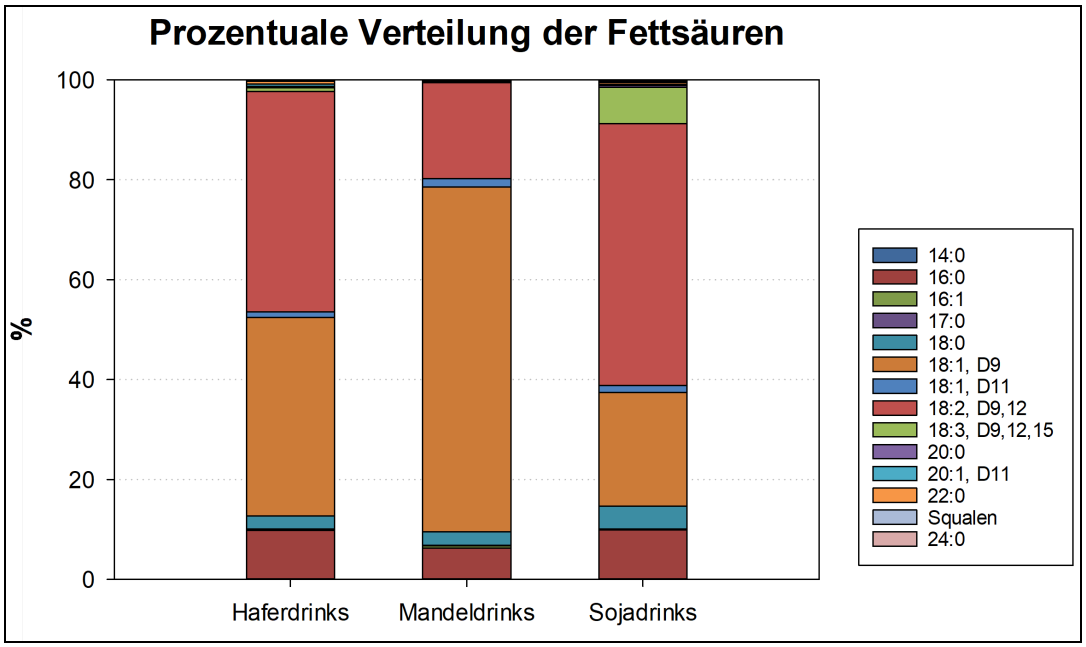


Abbildung 4: Prozentuale (gemittelte) Zusammensetzung der einzelnen Fettsäuren in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks.

Fazit: Mit einer Ausnahme enthielten die Haferdrinks zugesetztes Sonnenblumenöl, welches die Zusammensetzung der Fettsäuren insgesamt beeinflusst. Je nach zugesetztem Sonnenblumenöl (traditionell oder ölsäurereich) ändert sich das Verhältnis von Linol- und Ölsäure. Die Mandeldrinks enthalten vor allem Ölsäure. Die Sojadrinks weisen einen charakteristischen Anteil an α-Linolensäure auf.

5.1.2 Aminosäuren

Die prozentuale Zusammensetzung der Aminosäuren in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks sind in Abbildung 5 dargestellt.

In Hafer- und Mandeldrinks lagen die Mittelwerte der Konzentrationen vieler Aminosäuren auf einem ähnlichen Niveau (z. B. für Serin, Histidin, Threonin, Alanin, Valin, Isoleucin, Leucin und Phenylalanin). Die Tryptophankonzentration war in Hafer- (11,5 mg/100 g) und in Mandeldrinks (8,5 mg/100 g) auf ähnlich geringem Niveau. Auffällig ist, dass Methionin in Mandeldrinks nicht quantifiziert werden konnte, während die Methioninkonzentration in Haferdrinks im Mittel bei 11,6 mg/100 g lag. Ebenso war die Konzentration der schwefelhaltigen Aminosäure Cystein mit 12,8 mg/100 g in den Haferdrinks rund doppelt so hoch wie in den Mandeldrinks (6,8 mg/100 g).

Schwankungen zwischen den Minimal- und Maximalwerten vieler Aminosäuren waren innerhalb der drei Produktkategorien festzustellen. Beispielsweise betrug die Spannweite für Arginin 66 mg/100 g in Haferdrinks, 83 mg/100 g in Mandeldrinks und 54 mg/100 g in Sojadrinks. Insgesamt waren die Schwankungen der Gehalte an einzelnen Aminosäuren innerhalb der Haferdrinks am größten, gefolgt von Mandel- und

Sojadrinks. Hauptgrund für diese Schwankungen sind die unterschiedlichen Proteingehalte der einzelnen Produkte. Bei der Betrachtung der relativen Gehalte der einzelnen Aminosäuren in Bezug auf die Summe der Aminosäuren (Daten nicht gezeigt) unterliegen die Werte lediglich geringen Schwankungen.

Die Sojadrinks sind im Vergleich zu den Hafer- und Mandeldrinks durch insgesamt deutlich höhere Konzentrationen für alle Aminosäuren gekennzeichnet. Dieses Ergebnis korreliert mit dem wesentlich höheren Proteingehalt der Sojadrinks (vergl. Kapitel 5.1 Makronährstoffe). Bei den Sojadrinks liegen die Mittelwerte der essenziellen Aminosäuren Tyrosin, Valin, Isoleucin, Leucin, Lysin und Phenylalanin oberhalb von 100 mg/100 g bzw. für Tryptophan bei 48,4 mg/100 g. Die Mittelwerte der schwefelhaltigen Aminosäuren betragen 33,1 mg/100 g für Cystein und 34,6 mg/100 g Methionin. Für eine ernährungsphysiologische Betrachtung der Aminosäuren siehe Kapitel 8.1 Makronährstoffe.

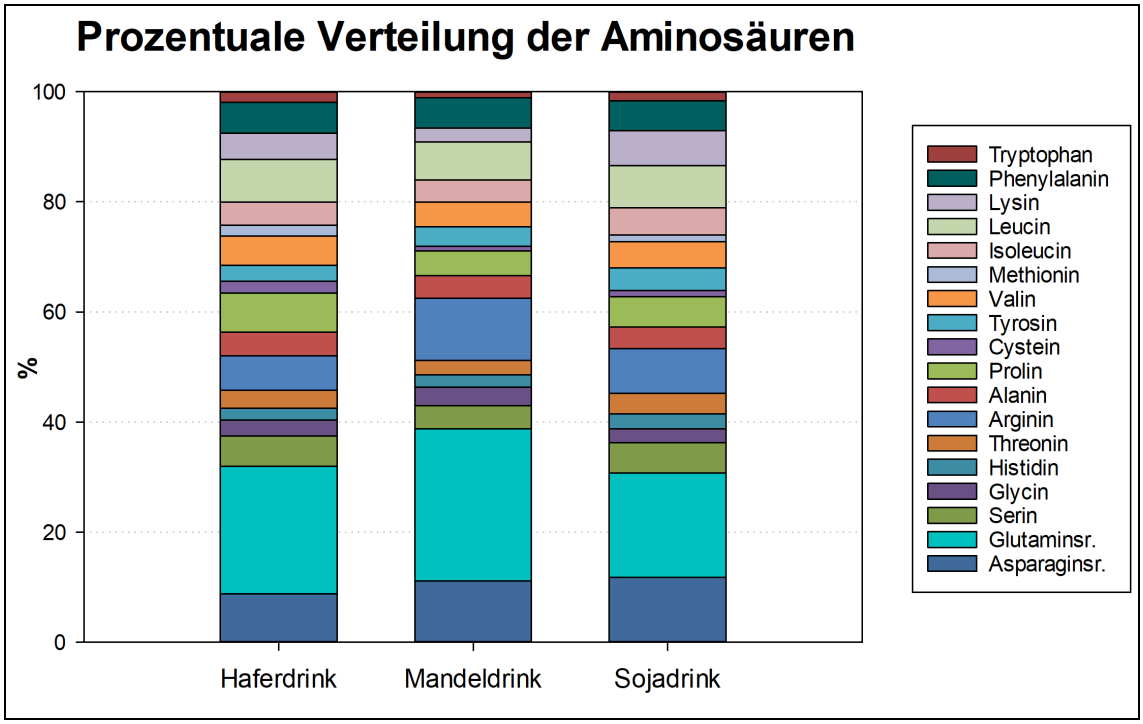


Abbildung 5: Prozentuale (gemittelte) Zusammensetzung der Aminosäuren in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks.

Glutaminsäure beinhaltet gleichfalls Glutamin und Asparaginsäure beinhaltet gleichfalls Asparagin (Summenparameter).

Mit Blick auf die Aminosäureanalytik ist zu erwähnen, dass Asparagin und Asparaginsäure sowie Glutamin und Glutaminsäure jeweils als Summenparameter erfasst wurden. Die Ergebnisse für die Aminosäuren Methionin und Glycin unterliegen aus methodischen Gründen größeren Messunsicherheiten als gewöhnlich üblich. Die Daten sind aber dennoch als valide zu betrachten.

Fazit: Im Mittelwert lagen die Konzentrationen der Aminosäuren von Hafer- und Mandeldrinks auf einem ähnlichen Niveau. In Sojadrinks lagen alle Aminosäuren in höheren Konzentrationen als in den Drinks aus Hafer und Mandeln vor.

5.2 Vitamine

Im Rahmen des Projektes wurden die Gehalte verschiedener Vitamine in den Produkten bestimmt. In aktuellen wissenschaftlichen Publikationen wird hierfür häufig auf die Kennzeichnung der Nährwerte der Hersteller zurückgegriffen [20, 21]. Diese Angaben finden sich allerdings nahezu ausschließlich auf angereicherten Produkten und nicht auf den hier untersuchten ungesüßten und nicht angereicherten Produkten. Die in diesem Projekt generierten Daten schaffen somit eine neue Datenbasis für diese Produktkategorie.

5.2.1 Wasserlösliche Vitamine

Die Analysen der wasserlöslichen Vitamine aus den Einzelproben umfassten die Vitamine Thiamin, Riboflavin und das Gesamt-Vitamin C (Ascorbinsäure und Dehydroascorbinsäure).

Weitere wasserlösliche Vitamine (Niacin, Panthothensäure, Vitamin B_6 (Pyridoxal und Vitamere), Biotin und das Gesamtfolat wurden aus jeweils 2 Mischproben der jeweiligen Pflanzendrinkkategorien analysiert (siehe Kapitel 3.2). In diesen Fällen kann keine Beschreibung der Schwankungsbreiten der Einzelproben erfolgen. Für die gemeinsame und einheitliche Darstellung aller wasserlöslichen Vitamine wurde die vereinfachte Darstellungsform als Barplots (Mittelwert) gewählt (siehe Abbildung 6).

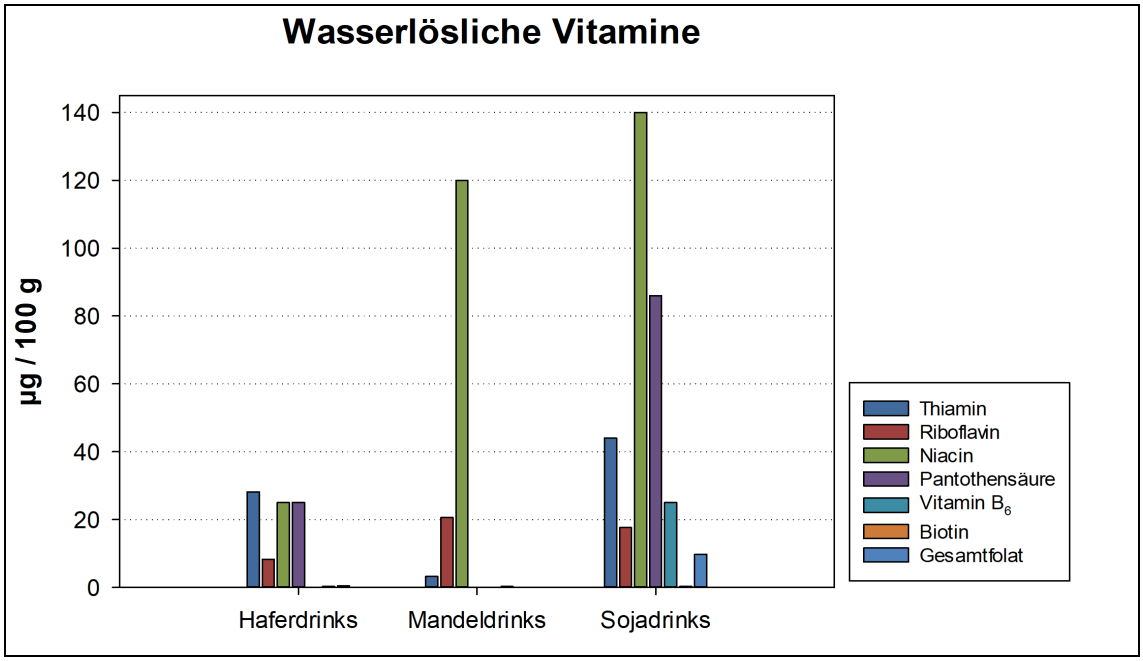


Abbildung 6: Graphische Übersicht der mittleren Konzentrationen (in µg/100 g) der wasserlöslichen Vitamine in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks als Barplots.

Vitamin C konnte in keinem der Produkte in nachweisbarer Menge gefunden werden. Dieses Ergebnis ist vermutlich im Wesentlichen durch die niedrigen Konzentrationen an Vitamin C in den Rohstoffen und den Abbau des Vitamins während der Herstellung der Drinks zu begründen.

In den vorliegenden Proben konnten die untersuchten B-Vitamine zum Teil nicht oder nur in sehr geringen Mengen nachgewiesen werden; häufig liegen die Konzentrationen unterhalb der methodischen Nachweisgrenze (siehe Anhang Tabelle 2). B-Vitamine sind empfindlich gegenüber Hitze, Sauerstoff und/oder Licht, sodass bei den Herstellungsprozessen, bei der Haltbarmachung sowie während der Lagerung ein Abbau stattfindet [22].

Die Thiamin-Konzentrationen lagen bei 28,2 µg/100 g (10,6–47,9 µg/100 g) in den Haferdrinks, bei 3,2 µg/100 g (0,4–8,4 µg/100 g) in den Mandeldrinks und bei 44,0 µg/100 g in den Sojadrinks. Die Riboflavin-Konzentrationen lagen bei 8,3 µg/100 g (3,2–10,8 µg/100 g) in den Haferdrinks, bei 20,6 µg/100 g (7,9–32,9 µg/100 g) in den Mandeldrinks und bei 17,6 µg/100 g (15,0–25,4 µg/100 g) in den Sojadrinks.

Die Vitamin B_3-Konzentrationen in den Haferdrinks lagen bei 25,0 µg/100 g, in den Mandel- und Sojadrinks lagen mit 120,0 µg/100 g bzw. 140,0 µg/100 g weitaus höhere Gehalte vor. Thiamin, Riboflavin und Niacin konnten somit in allen Produktkategorien in nachweisbaren Konzentrationen gefunden werden. In den Mandeldrinks waren dies auch die einzigen nachweisbaren B-Vitamine. In den Haferdrinks konnten zusätzlich noch Gehalte an Pantothensäure (25 µg/100 g) und Gesamtfolat in geringen Mengen (0,5 µg/100 g) nachgewiesen werden. In den Sojadrinks konnten die meisten B-Vitamine bestimmt werden. Im Vergleich mit den anderen Kategorien waren die Gehalte an B-Vitaminen in den Sojadrinks auch am höchsten (Pantothensäure: 86,0 µg/100 g, Vitamin B_6: 25,0 µg/100 g, Folate: 9,7 µg/100 g).

Fazit: Insgesamt wiesen die untersuchten Pflanzendrinks geringe Konzentrationen an wasserlöslichen Vitaminen auf, teilweise unterhalb der Nachweisgrenze. Dies liegt unter anderem an den bereits geringen Gehalten in den Rohstoffen sowie an der Verdünnung mit Wasser bei der Herstellung der Produkte. Ebenso sind die Vitamine empfindlich gegenüber Hitze, Sauerstoff und/oder Licht, wodurch bei der Herstellung, Haltbarmachung und während der Lagerung ein Abbau stattfindet. Vitamin C wurde in keinem der Produkte nachgewiesen. In den Sojadrinks konnten die meisten B-Vitamine mit den vergleichsweise höchsten Konzentrationen nachgewiesen werden.

5.2.2 Fettlösliche Vitamine

Es wurden Tocopherole, Carotinoide sowie Vitamin K untersucht. Anschließend wurde Vitamin E[1] aus den analysierten Tocopherol-Gehalten nach der DGE-Richtlinie [23]

[1] 1 mg RRR-α-Tocopherol-Äquivalent = 1 mg RRR-α-Tocopherol = 1,49 IE; 1 IE = 0,67 mg RRR-α-Tocopherol = 1 mg all-rac-α-Tocopherylacetat

berechnet. Analog erfolgte die Berechnung von Vitamin A[2] aus den analysierten Carotinoiden.

Vitamin K konnte in keinem der Pflanzendrinks nachgewiesen werden. Eine graphische Übersicht über die Konzentrationen an Vitamin A und Vitamin E ist in Abbildung 7 zu finden.

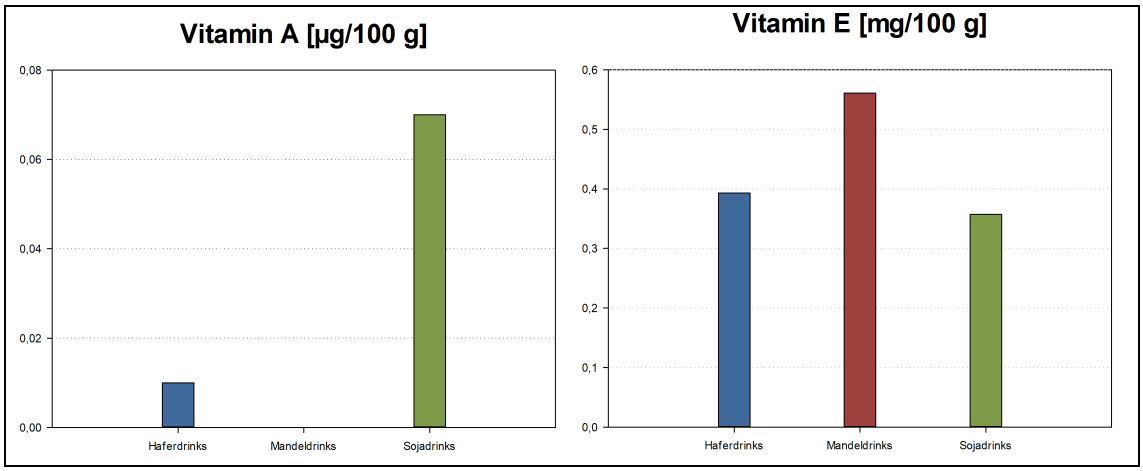


Abbildung 7: Graphische Übersicht der mittleren Konzentrationen (in µg bzw. mg/100 g) von Vitamine A und E in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks als Barplots.

Die Achsenskalierung wurde für den jeweiligen Konzentrationsbereich angepasst.

Zur Bestimmung von Vitamin A wurden Analysen aus Poolproben (n = 2) durchgeführt (siehe Kapitel 3.2). In diesen Fällen kann keine Darstellung der Schwankungsbreiten der Einzelproben erfolgen, sodass die vereinfachte Darstellungsform als Barplots (Mittelwert) ausgewählt wurde.

Die analysierten Vitamin E-wirksamen Verbindungen umfassen die vier Tocopherole und vier Tocotrienole (jeweils α bis δ) sowie Plastochromanol-8. Dadurch lässt sich für jede Pflanzendrinkkategorie ein charakteristisches Muster dieser Substanzen erkennen, das wiederum Rückschlüsse auf zugesetzte pflanzliche Öle zulässt.

Die Analysen zeigen, dass in Hafer- und Mandeldrinks vor allem α-Tocopherol vorkommt, während die Sojadrinks reich an γ- und δ-Tocopherol sind. Bei den Haferdrinks sorgt zugesetztes Sonnenblumenöl für eine Erhöhung des mittleren Gehaltes an α-Tocopherol auf 0,36 ± 0,19 mg/100 g. Haferlipide selbst zeichnen sich durch einen eher hohen Gehalt an α-Tocotrienol aus.

In Mandeldrinks wurden keine Carotinoide detektiert. Die Carotinoid-Gehalte in den untersuchten Hafer- und Sojadrinks sind mit < 0,1 µg/100 g generell sehr niedrig. Hauptkomponente in Sojadrinks war Lutein sowie einige Carotinoid-Isomere im Spurenbereich. In Haferdrinks wurden Spuren von Lutein und α-Carotin identifiziert. Hauptkomponente im Haferdrink war ein Isomer aus der Familie der β-Carotine, welches nicht

[2] 1 µg Retinolaktivitätsäquivalent (retinol activity equivalent, RAE) = 1 µg Retinol = 12 µg β-Carotin = 24 µg andere Provitamin-A-Carotinoide

eindeutig zugeordnet werden konnte. Eine Herkunft dieses unbekannten Carotinoids aus zugesetztem Sonnenblumenöl konnte durch vergleichende Analysen mit und ohne Zusatz ausgeschlossen werden.

Fazit: Während die Vitamin E-Äquivalente in ungefähr ähnlicher Menge in allen drei Pflanzendrinkkategorien enthalten sind, lassen sich die Pflanzenarten bzw. die zugesetzten Pflanzenöle über die Zusammensetzung der Vitamin E-wirksamen Substanzen erkennen. Die Gehalte an Carotinoiden und des daraus berechneten Vitamin A sind insgesamt sehr niedrig.

5.3 Elemente

5.3.1 Mengenelemente

Es wurden die Mengenelemente Calcium, Kalium, Magnesium, Natrium, Phosphor, Chlorid und Schwefel untersucht. Deren mittlere Gehalte sind in Abbildung 8 dargestellt. Die Mittelwerte der Chloridgehalte betragen 81,8 mg/100 g in Haferdrinks, 75,8 mg/100 g in Mandeldrinks und 31,3 mg/100 g in Sojadrinks. Der mittlere Chloridgehalt in Sojadrinks ist geringer als in Hafer- und Mandeldrinks; gleichzeitig ist die Spannweite der ermittelten Chloridgehalte in Sojadrinks am größten.

Die Ergebnisse der Schwefelgehalte zeigen eine Spannweite von 7–29 mg/100 g für Haferdrinks, von 6–16 mg/100 g für Mandeldrinks und von 24–37 mg/100 g für Sojadrinks. Die höchsten Schwefelgehalte weisen damit Sojadrinks auf. Die Variabilität zwischen den einzelnen Herstellern und den eingekauften Chargen ist bei den Mandeldrinks am geringsten. Bei der Betrachtung der Beziehungen zwischen Schwefel- und Rohproteingehalten konnte festgestellt werden, dass der Anteil an Schwefel mit steigenden Rohproteingehalten bei allen Pflanzendrinks zunimmt. Dies lässt sich auf den Gehalt der schwefelhaltigen Aminosäuren Cystein und Methionin zurückführen, da diese neben schwefelhaltigen Lebensmittelzusatzstoffen, die in den hier untersuchten Bioprodukten nicht zu erwarten sind, als Hauptquellen für Schwefel in Lebensmitteln dienen.

In den untersuchten Proben wurden bei den Mengenelementen (v. a. bei Kalium, Natrium und Phosphor) hohe Schwankungen sowohl zwischen den Kategorien (Hafer-, Mandel- und Sojadrink) als auch innerhalb der Kategorie zwischen den verschiedenen Herstellern detektiert. Haferdrinks enthielten mit durchschnittlich 4,4 mg/100 g am wenigsten Calcium, während die Sojadrinks mit 14,6 mg/100 g den höchsten Calciumgehalt aufwiesen. Der Kaliumgehalt von Sojadrinks betrug 132,0 mg/100 g. Die Hafer- und Mandeldrinks wiesen einen deutlich geringeren Kaliumgehalt auf. Der Magnesiumgehalt der Sojadrinks lag bei 16,4 mg/100 g und somit mehr als doppelt so hoch wie in den Mandeldrinks (7,6 mg/100 g) und mehr als viermal höher als in den Haferdrinks (3,7 mg/100 g). Der höchste Natriumgehalt wurde in Mandeldrinks mit durchschnittlich 51,0 mg/100 g bestimmt. Die gemessenen Phosphorgehalte lagen zwischen 18,3 mg/100 g in den Mandeldrinks und 42,5 mg/100 g in den Sojadrinks.

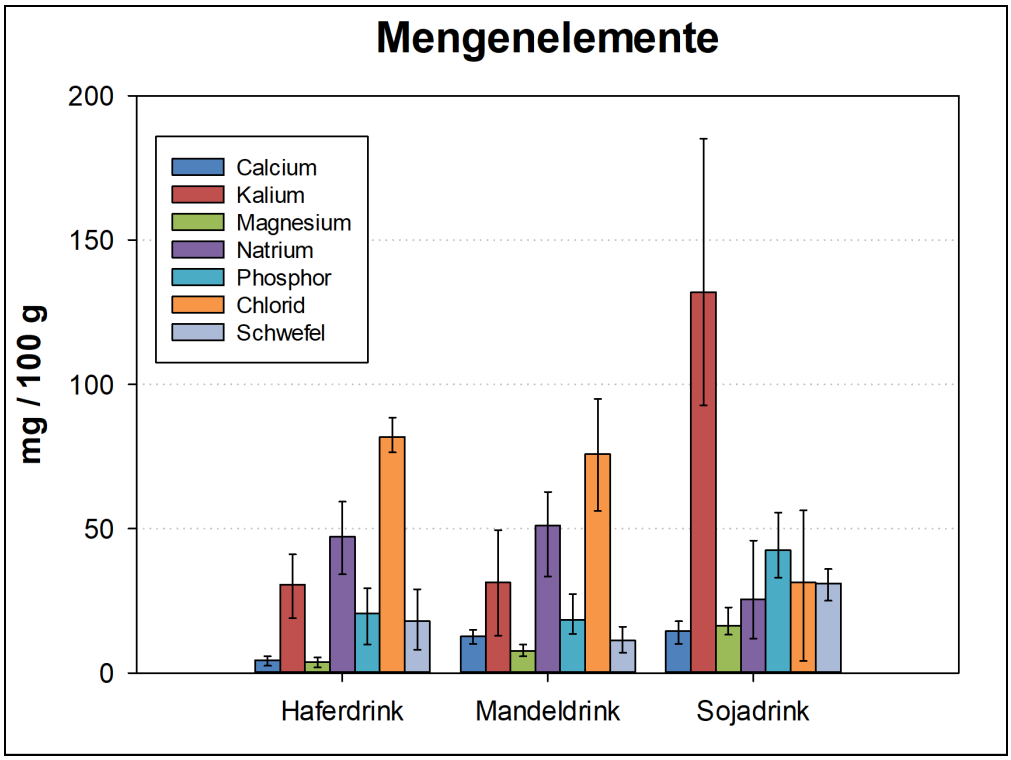


Abbildung 8: Graphische Übersicht der mittleren Konzentrationen (in mg/100 g) der Mengenelemente in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks als Barplots.

Fehlerbalken (Whiskers) stellen in dieser Ansicht die Minimal- bzw. die Maximalwerte der gemessenen Einzelproben dar.

Fazit: Bezüglich der Mengenelemente unterscheiden sich die untersuchten Pflanzendrinks. Es wurden verhältnismäßig hohe Schwankungen in den Gehalten sowohl zwischen den verschiedenen Kategorien (Hafer-, Mandel- und Sojadrink) als auch innerhalb einer Kategorie zwischen den verschiedenen Herstellern festgestellt.

5.3.2 Spurenelemente

Es wurden die Spurenelemente Chrom, Eisen, Jod, Kupfer, Mangan, Molybdän, Selen und Zink bestimmt (siehe Abbildung 9). Wie im Fall der Mengenelemente wurden verhältnismäßig hohe Schwankungen in den Gehalten der einzelnen Elemente zwischen den Produktkategorien sowie innerhalb der Produktkategorien zwischen den einzelnen Herstellern festgestellt. Die Gehalte lagen teilweise unterhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze. Die Gehalte für Chrom lagen bei allen getesteten Pflanzendrinks entweder unterhalb oder nur knapp oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,8 µg/100 g. Der höchste mittlere Eisengehalt wurde in den Sojadrinks mit 414,4 µg/100 g gemessen und war damit etwa viermal höher als der Gehalt in den Mandeldrinks und ca. siebenmal höher als der Gehalt in den Haferdrinks.

Bei den Haferdrinks konnte im Produkt eines Herstellers ein Jodgehalt oberhalb der Bestimmungsgrenze von 3,0 µg/100 g gemessen werden. Die Jodgehalte aller anderen

getesteten Pflanzendrinks lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Für Kupfer wurde der höchste mittlere Gehalt in den Sojadrinks mit 116,5 µg/100 g bestimmt. Die niedrigsten Kupfergehalte wurden in den Haferdrinks gemessen. Auch für Mangan und Molybdän wurden die höchsten Gehalte in den Sojadrinks bestimmt. Die niedrigsten Mangan- und Molybdängehalte lagen in den Mandeldrinks vor. Die gemessenen Gehalte für Selen lagen bei allen untersuchten Proben unterhalb der Bestimmungsgrenze von 1,4 µg/100 g. Der mittlere Zinkgehalt war in den Sojadrinks mit 284,7 µg/100 g am höchsten und in den Haferdrinks mit 57,4 µg/100 g am niedrigsten.

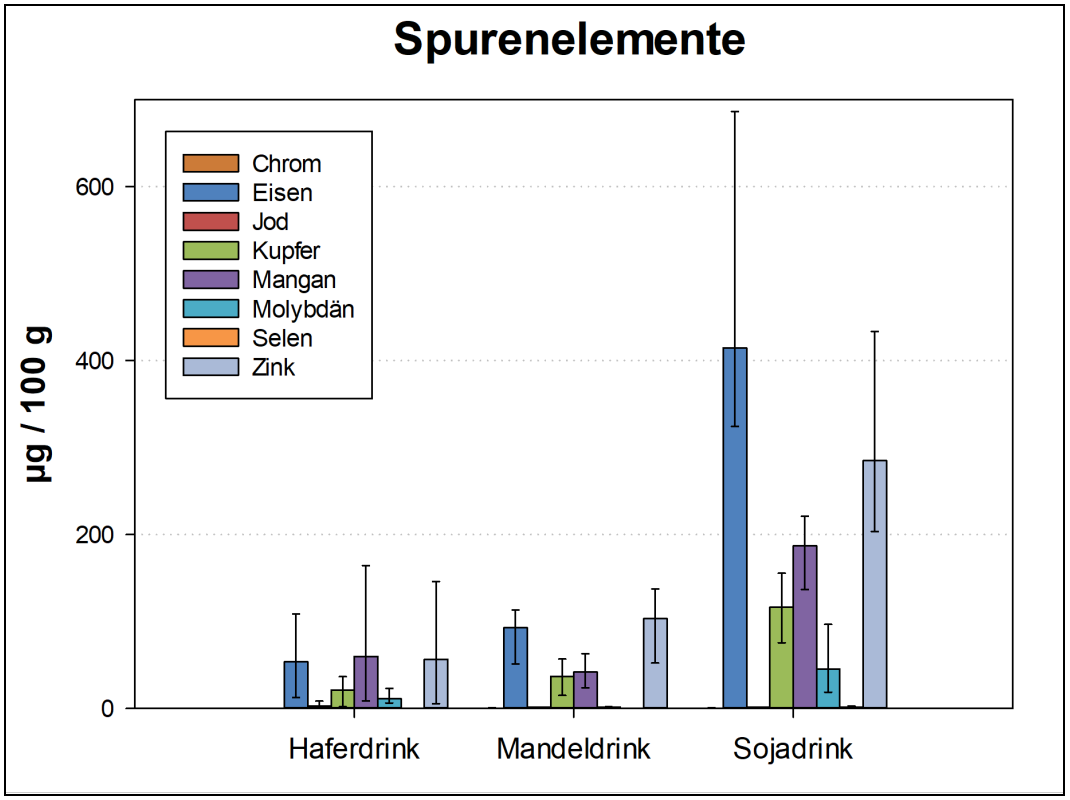


Abbildung 9: Graphische Übersicht der mittleren Konzentrationen (in µg/100 g) der Spurenelemente in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks als Barplots.

Fehlerbalken (Whiskers) stellen in dieser Ansicht die Minimal- bzw. die Maximalwerte der gemessenen Einzelproben dar.

Fazit: Bei den untersuchten Pflanzendrinks wurden verhältnismäßig große Schwankungen im Spurenelementgehalt sowohl zwischen den verschiedenen Kategorien als auch innerhalb einer Kategorie zwischen den verschiedenen Herstellern ermittelt. Teilweise lagen die Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze, z. B. bei Selen und Jod. Die höchsten Spurenelementgehalte wurden im Mittel bei den Sojadrinks festgestellt.

6 Sekundärstoffe

Unter dem Begriff Sekundäre Pflanzenstoffe (Sekundärstoffe) werden eine Vielzahl unterschiedlicher Substanzen zusammengefasst, welche von der Pflanze gebildet werden,

um sie beispielsweise vor Fraßfeinden zu schützen oder bestäubende Insekten anzulocken.

Dazu gehören verschiedene chemische Verbindungen mit einer Vielzahl an Wirkungen (z. B. antioxidativ, antimikrobiell) auf die Pflanze selbst sowie auf andere lebende Organismen. Häufig werden ihnen gesundheitsfördernde Eigenschaften zugeschrieben (z. B. für Carotinoide, Flavonoide, Phytosterine), es gibt aber auch sekundäre Pflanzenstoffe mit potenziell gesundheitsschädlichen oder antinutritiven Wirkungen (z. B. Glycoalkaloide, Phytat).

6.1 Phytosterine

Die Gehalte der Phytosterine in den untersuchten Pflanzendrinks lagen in einem engen Bereich von 3,3–4,7 mg/100 g. Die Streuung der einzelnen Gesamt-Steringehalte ließ sich hauptsächlich auf die Varianz der Fettgehalte zurückführen. In der Zusammensetzung der Phytosterine ließ sich wiederum ein Zusatz von Sonnenblumenöl durch höhere Gehalte an Δ-7-Avenasterin und Δ-7-Stigmastenol und niedrigere Gehalte an Δ-5-Avenasterin erkennen. Letzteres ist charakteristisch für Haferlipide [24, 25].

6.2 Phytat

Phytat (IP_6), der Phosphatspeicher im Pflanzensamen, ist über einen breiten pH-Bereich negativ geladen. Daher komplexiert Phytat mehrfach positiv geladene Metallkationen wie beispielsweise Eisen, Zink und Calcium und vermindert damit deren Absorption im menschlichen Organismus. Der wissenschaftlichen Literatur ist zu entnehmen, dass sich ein negativer Einfluss von Phytat auf die Bioverfügbarkeit von Elementen aus dem molaren Verhältnis von Phytat zum entsprechenden Element ableiten lässt. Für Calcium, Zink, Eisen und Magnesium wird ein negativer Effekt auf die Bioverfügbarkeit ab einem Phytat/Elementverhältnis von 0,24 (Ca), 1 (Fe), 10 (Zn) und 0,41 (Mg) angegeben [26-29]. Außerdem wird über einen negativen Effekt von Phytat auf die Proteinhydrolyse im Verdauungstrakt berichtet. Dies kann zu einer Reduktion der Aminosäurebioverfügbarkeit führen.

Bei der Herstellung von Pflanzendrinks kann es, abhängig vom eingesetzten Herstellungsverfahren, zu einer Phytatanreicherung in den Pflanzendrinks kommen. Auch eine teilweise Hydrolyse des Phytats zu *myo*-Inositolphosphaten mit weniger als sechs Phosphatresten ($IP_{x\leq5}$) während der Herstellung der Pflanzendrinks ist möglich. Laut der vorliegenden Analyseergebnisse lagen die Phytatgehalte bei durchschnittlich 8,6 mg/100 g in den Haferdrinks, 47,4 mg/100 g in den Mandeldrinks und 81,5 mg/100 g in den Sojadrinks. Neben Phytat selbst konnten in den Pflanzendrinks auch Phytathydrolyseprodukte nachgewiesen werden. Der durchschnittliche Gehalt an *myo*-Inositolpentakisphosphat (IP_5) z. B. wurde in den Haferdrinks zu 3,7 mg/100 g, in den Mandeldrinks zu 12,1 mg/100 g und in den Sojadrinks zu 12,6 mg/100 g bestimmt. Basierend auf den gemessenen Phytatgehalten und den vorliegenden Elementkonzentrationen (siehe

Kapitel 5.3.1) ist für Magnesium bei allen Pflanzendrinks kein negativer Effekt auf die Bioverfügbarkeit zu erwarten. Die Absorption von Zink und Eisen dürfte hingegen für alle Pflanzendrinks durch das vorhandene Phytat stark vermindert sein. Die Bioverfügbarkeit von Calcium sollte nur in den Sojadrinks durch Phytat negativ beeinflusst werden.

6.3 Sojaisoflavone

Sojaisoflavone besitzen ein östrogenes Potenzial. Aus diesem Grund werden ihnen positive Effekte auf die Gesundheit zugeschrieben wie beispielsweise Linderung von Wechseljahresbeschwerden und Vorbeugung von Osteoporose [30]. Allerdings werden auch mögliche nachteilige Effekte von Isoflavonen diskutiert, beispielsweise Einfluss auf vorhandene östrogen-sensitive Brustkrebszellen [31]. Aus diesen Gründen wurden die Gehalte von drei Sojaisoflavonen sowie von deren Glykosiden mittels einer am MRI validierten LC-DAD-Methode bestimmt. Der Gesamtgehalt der Isoflavone in den Sojadrinks (als Aglykonäquivalent) betrug 11,90 ± 3,08 mg/100 g. Im Vergleich zu den Daten aus der „USDA Database for the Isoflavone Content of Selected Foods“, liegt der mittlere Isoflavongehalt in den untersuchten Sojadrinks im Bereich der maximalen Werte der Datenbank [32]. Wird ein täglicher Verzehr von 250 g Sojadrink angenommen, so würden bei den untersuchten Sojadrinks 23,6–48,0 mg Isoflavone (als Gesamt-Aglykonäquivalente) pro Tag aufgenommen werden. Diese Mengen liegen unterhalb des von der Senatskommission zur gesundheitlichen Bewertung von Lebensmitteln (SKLM) der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Sinne eines vorbeugenden Verbraucherschutzes empfohlenen Wertes für bestimmte Risikogruppen von 50 mg Isoflavonen/Tag. Dieser Wert sollte von den entsprechenden Risikogruppen (Jodmangel, Schilddrüsenunterfunktion, Schilddrüsenfehlfunktion, Frauen mit Brustkrebs oder mit einer Brustkrebs-Vorgeschichte) durch den Verzehr von Soja-Lebensmittel nicht überschritten werden [31].

Fazit: Die Gehalte der Summen aller pflanzlichen Sterine der drei Produktkategorien waren sehr ähnlich, wobei ihre Zusammensetzungen je nach Kategorie bzw. zugesetzten Ölen teilweise charakteristische Unterschiede zeigten.

Die berechneten Verhältnisse der Phytat/Mengenelement-Konzentrationen in den untersuchten Drinks legen nahe, dass die Aufnahme von Magnesium durch in den Pflanzendrinks vorhandenem Phytat nicht beeinflusst werden sollte. Bei Zink und Eisen dürfte die Absorption stark vermindert sein. Bei Calcium sollte die Bioverfügbarkeit nur beim Sojadrink negativ beeinflusst werden.

Die mittleren Gehalte der Sojaisoflavone in den untersuchten Sojadrinks liegen im Bereich der als maximal berichteten Werte in der „USDA Database for the Isoflavone Content of Selected Foods“. Im Sinne eines vorbeugenden Verbraucherschutzes sollten bestimmte Risikogruppen auf eine moderate tägliche Verzehrmenge achten (siehe Empfehlung der SKLM).

7 Chemische und mikrobiologische Sicherheit

7.1 Pflanzenschutzmittel

Im Rahmen der Untersuchungen zur Sicherheit von Pflanzendrinks wurden Proben auf das Vorkommen von Rückständen an Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln untersucht. In die Untersuchungen wurden die am häufigsten eingesetzten Pflanzenschutzmittelwirkstoffe einbezogen. Diese wurden der veröffentlichten Auswertung des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) entnommen [33]. In nachfolgender Tabelle 2 sind die überprüften Wirkstoffe aufgeführt.

Tabelle 2: Liste der in den Pflanzendrinks geprüften Wirkstoffe.

Überprüfte Wirkstoffe in den Pflanzendrinks			
Azoxystrobin	Cyflufenamid	Halauxifen-methyl	Pinoxaden
Beflubutamid	Cyproconazol	Isopyrazam	Pirimicarb
Benzovindiflupyr	Cyprodinil	Isoxaben	Prochloraz
Bifenox	Difenoconazol	Kresoxim-methyl	Proquinazid
Bixafen	Diflufenican	Mefenpyr	Prosulfocarb
Boscalid	Fenpropidin	Mesosulfuron	Prothioconazol
Bromuconazol	Flufenacet	Metconazol	Pyraclostrobin
Carfentrazone	Fluopyram	Metrafenone	Pyrifenone
Chlortoluron	Fluxapyroxad	Pendimethalin	Tebuconazol
Clodinafop	Fluoxastrobin	Picolinafen	

In zwei Mandeldrinkproben unterschiedlicher Chargen eines Herstellers wurden Gehalte von Fluopyram unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,005 mg/l detektiert. In allen weiteren untersuchten Drinks waren die geprüften Wirkstoffe nicht nachweisbar.

Der nachgewiesene Wirkstoff Fluopyram ist in verschiedenen Schalenfrüchten, so auch in Mandeln, als Rückstand aus der Anwendung in der VO (EU) 2017/978 geregelt [34]. Die Rückstandshöchstmenge liegt im Fall von Mandeln bei 0,05 mg/kg. Fluopyram ist ein seit Februar 2014 in der EU zugelassenes Fungizid und wird toxikologisch als unkritisch für Menschen und Tiere (LD50 bei Ratten > 2000 mg/kg Körpergewicht (KG)) angesehen. Jedoch scheint seine Persistenz im Wasser, Boden und in der Umwelt insgesamt hoch zu sein [35].

Bei den untersuchten Pflanzendrinks handelte es sich in allen Fällen um Produkte aus biologischem Anbau, bei denen der Einsatz von synthetisch-chemischen Mitteln als Pflanzenschutzanwendung nicht erlaubt ist. Der Eintragsweg von Fluopyram in die untersuchten Produkte kann im Rahmen dieser Untersuchung nicht festgestellt werden.

Fazit: Sehr geringe Mengen von Fluopyram wurden in zwei Proben unterschiedlicher Chargen eines Herstellers nachgewiesen; diese sind als unkritisch zu betrachten. Ansonsten konnten in allen anderen Produkten keine Pflanzenschutzmittel-Rückstände nachgewiesen werden, was zu erwarten war, da es sich um biologisch hergestellte Produkte handelte.

7.2 Mykotoxine

Die Pflanzendrinks wurden mit zwei jeweils gruppenspezifischen LC-MS[3] basierten Verfahren für Aflatoxin B1 (AFB1), Ochratoxin A (OTA) und Sterigmatocystin (STC) sowie für Deoxynivalenol (DON), Zearalenon (ZEN), T2-Toxin und HT2-Toxin (T2/HT2) untersucht. Die Auswahl dieser Mykotoxine basierte auf Monitoring-Daten zur Belastung der verwendeten Rohwaren mit den angegebenen Mykotoxinen. Für alle angegebenen Mykotoxine (außer Sterigmatocystin) existieren in der VO (EU) 2023/915 [36] unterschiedliche Höchstgehaltsregelungen, die spezifisch für diverse Rohstoffe und daraus hergestellte Lebensmittel sind. Speziell für pflanzliche Drinks sind keine Höchstgehalte festgesetzt.

Das Mykotoxin STC wurde ergänzend einbezogen, da es sich hierbei um ein sogenanntes „emerging mycotoxin“ („aufkommendes Mykotoxin“) handelt, für das eine abschließende Bewertung noch nicht vorliegt. Bisherige toxikologische Daten weisen darauf hin, dass es sich um eine mutagene Verbindung mit ähnlichem toxikologischem Potenzial wie das der Aflatoxine handelt [37, 38].

Die Analyse der Pflanzendrinks erfolgte unter Verwendung etablierter Probenvorbereitungs- und Analyseprotokolle für pflanzliche Lebensmittel, deren Anwendbarkeit für die Drinks durch laborinterne Tests verifiziert wurde. Aufgrund der Ergebnisse des ersten untersuchten Probensatzes, die Hinweise auf das häufige Auftreten von einzelnen Toxinen in Hafer- und Mandeldrinks lieferten, wurde die Probenahme speziell für die Mykotoxin-Analyse erweitert, sodass insgesamt 42 Hafer- und 25 Mandeldrinkproben untersucht wurden.

Alle Mykotoxine, mit Ausnahme von Ochratoxin A, wurden in mindestens einem Drink nachgewiesen (siehe Tabelle 3).

[3] Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung

Tabelle 3: Übersicht der detektierten Mykotoxingehalte in den untersuchten Pflanzendrinks.

Mykotoxin	Produktkategorie	Probenzahl	Probenzahl mit detektierbaren Gehalten*	Gehalte der Mykotoxine			
				Mittelwert [ng/l]	Median [ng/l]	90. Perzentil [ng/l]	Maximum [ng/l]
AFB1	Hafer	37	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	Mandel	24	23	18,12	9,38	48,88	130,30
	Soja	12	1	0,87	0,00	0,00	10,48
STC	Hafer	37	25	15,43	7,34	28,18	263,4
	Mandel	24	16	8,89	2,00	22,70	70,32
	Soja	12	2	0,33	0,00	1,80	2,00
DON	Hafer	37	33	691,8	150,0	1455,1	5457,5
	Mandel	24	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	Soja	12	1	12,50	0,00	0,00	150,0
ZEN	Hafer	37	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	Mandel	24	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	Soja	12	1	44,17	0,00	0,00	530,0
T2+HT2	Hafer	37	29	397,2	300,0	1055,5	2146,5
	Mandel	24	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	Soja	12	2	98,33	0,00	270,0	880,0

* Mit den angewendeten Methoden sind die Analyten ab folgenden Detektionslimits (LOD) erfasst: AFB1: 2 ng/l, STC: 2 ng/l, OTA: 288 ng/l, DON: 0,15 µg/l, ZEN: 0,15 µg/l, T2-Toxin: 0,15 µg/l, HT2-Toxin: 0,15 µg/l; Die Quantifizierungsgrenze (LOQ) beträgt das 3,3-fache des LOD. Proben mit Gehalten unterhalb dem LOQ, aber oberhalb LOD wurden für die Auswertung einheitlich auf den Wert des LOD gesetzt (lower bound).

In Sojadrinks waren insgesamt wenige Mykotoxine nachweisbar (siehe Abbildung 10) und, wenn dies der Fall war, handelte es sich nur um geringe Gehalte der untersuchten Toxine. Im Gegensatz dazu wurden Mykotoxine in praktisch allen Hafer- und Mandeldrinkproben detektiert.

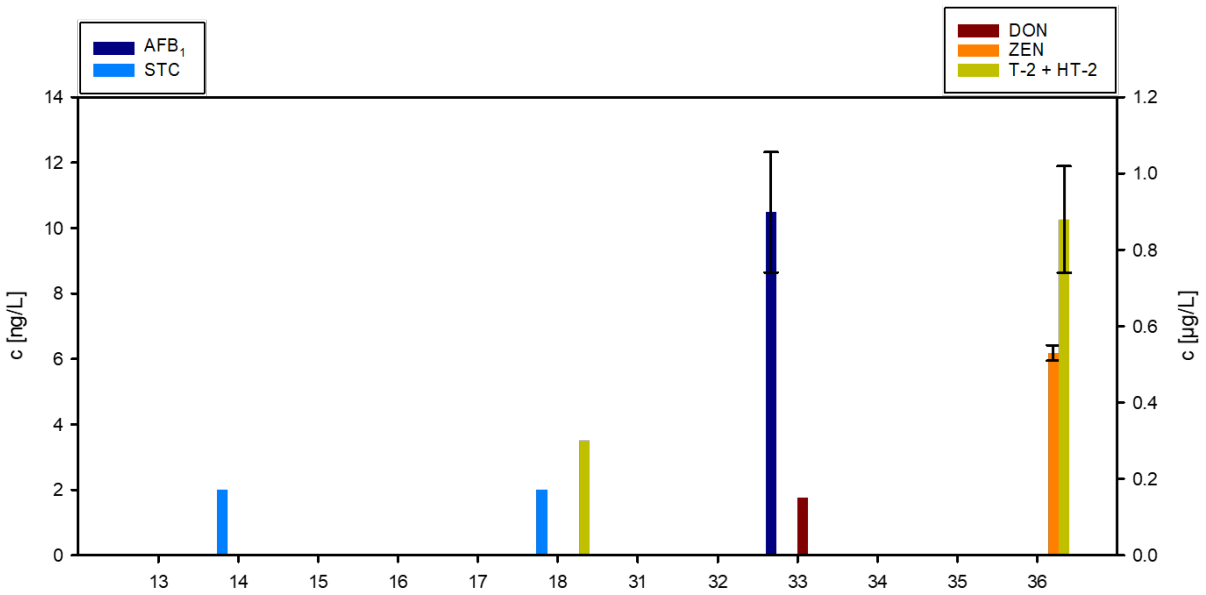


Abbildung 10: In Sojadrinks analysierte Mykotoxine, dargestellt für die einzelnen untersuchten Proben (n = 12).

AFB1 und STC beziehen sich auf die linke y-Achse und DON, ZEN und T-2 + HT-2 auf die rechte y-Achse. Konzentrationen unterhalb LOQ, aber oberhalb LOD wurden gemäß dem lower bound Ansatz auf LOD gesetzt. LOD: AFB1: 2 ng/l, STC: 2 ng/l, OTA: 288 ng/l, DON: 0,15 µg/l, ZEN: 0,15 µg/l, T2-Toxin: 0,15 µg/l, HT2-Toxin: 0,15 µg/l; LOQ beträgt das 3,3-fache des LOD.

In Haferdrinks wurden häufig T2/HT2-Toxine, STC, aber kein AFB1 nachgewiesen, obwohl STC ein Vorläufer von AFB1 im Pilz ist (siehe Abbildung 11). Es gibt also Schimmelpilzspezies, die STC bilden, aber kein AFB1 produzieren können [37]. Eine Korrelation zwischen AFB1 und STC ist demzufolge nicht möglich und STC sollte als separates Mykotoxin betrachtet und evaluiert werden. Im Gegensatz dazu kommen die Toxine STC und AFB1 in mandelbasierten Drinks häufig gemeinsam vor (siehe Abbildung 12).

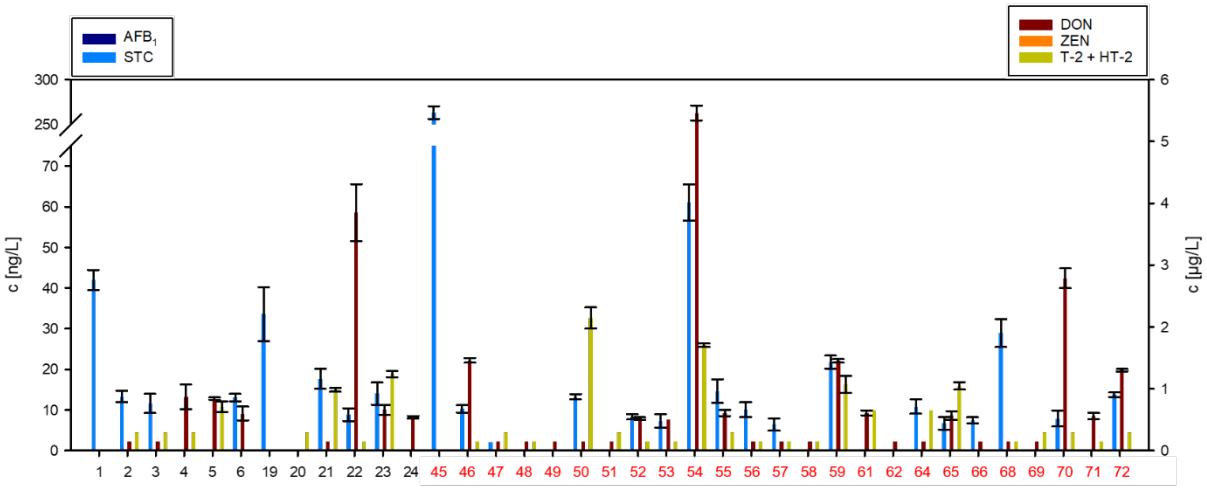


Abbildung 11: In Haferdrinks analysierte Mykotoxine, dargestellt für die einzelnen untersuchten Proben.

Die Gehalte an AFB1 und STC beziehen sich auf die linke y-Achse und DON, die Gehalte an ZEN und T-2 + HT-2 auf die rechte y-Achse. Konzentrationen unterhalb LOQ, aber oberhalb LOD wurden gemäß dem lower bound Ansatz auf LOD gesetzt. LOD: AFB1: 2 ng/l, STC: 2 ng/l, OTA: 288 ng/l, DON: 0,15 µg/l, ZEN: 0,15 µg/l, T2-Toxin: 0,15 µg/l, HT2-Toxin: 0,15 µg/l; LOQ beträgt das 3,3-fache des LOD. (Nr. 7–30 erste Probennahme; ab Nr. 45 (in Rot dargestellt) Proben der erweiterten Probenahme).

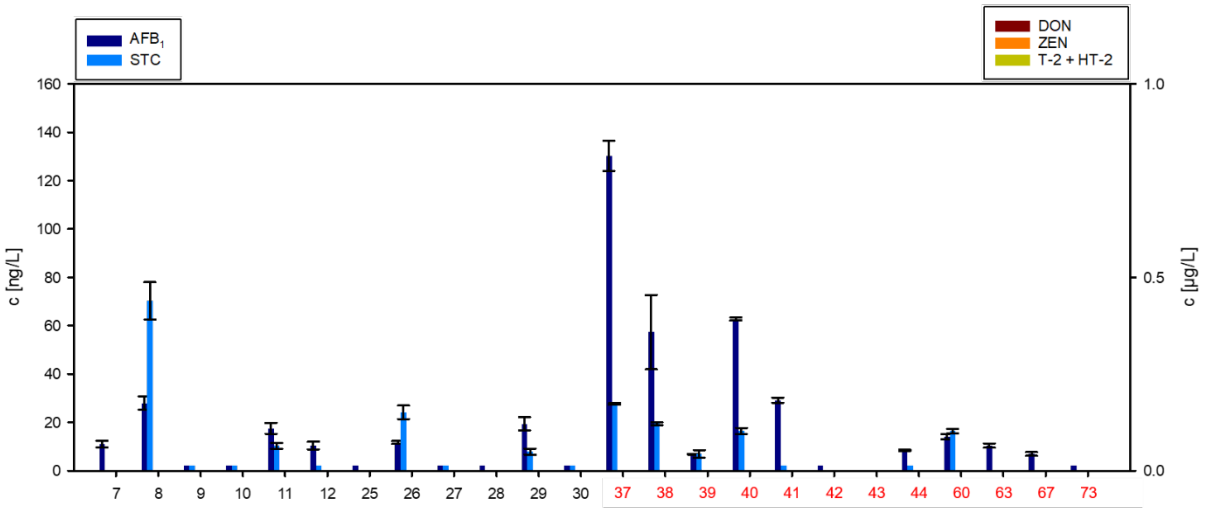


Abbildung 12: In Mandeldrinks analysierte Mykotoxine, dargestellt für die einzelnen untersuchten Proben.

Die Gehalte an AFB1 und STC beziehen sich auf die linke y-Achse und DON, die Gehalte an ZEN und T-2 + HT-2 auf die rechte y-Achse. Konzentrationen unterhalb LOQ, aber oberhalb LOD wurden gemäß dem lower bound Ansatz auf LOD gesetzt. LOD: AFB1: 2 ng/l, STC: 2 ng/l, OTA: 288 ng/l, DON: 0,15 µg/l, ZEN: 0,15 µg/l, T2-Toxin: 0,15 µg/l, HT2-Toxin: 0,15 µg/l; LOQ beträgt das 3,3-fache des LOD. (Nr. 7–30 erste Probennahme; ab Nr. 37 (in Rot dargestellt) Proben der erweiterten Probenahme).

Ein klarer direkter Zusammenhang zwischen den Kontaminationshöhen der unterschiedlichen Toxine in einzelnen Produkten ist aus den Daten nicht ersichtlich. In mehr als der Hälfte der Produkte mit detektierbaren Mykotoxingehalten sind zwei oder mehr Toxine festgestellt worden.

Einordnung der gefundenen Gehalte

Erwartungsgemäß wurden jene Mykotoxine in den Drinks gefunden, deren Auftreten auch in der Rohware bekannt sind. Haferkörner enthalten zum Beispiel häufig T2/HT2. Entsprechend waren in Haferdrinks auch T2/HT2-Gehalte zu erwarten. Da nicht klar ist, welche Ausgangskontaminationen insbesondere in Haferkörnern und Mandelkernen vorlagen, lässt sich aus dieser Erhebung nicht abschätzen, zu welchem Anteil die Mykotoxine aus der Rohware in die verzehrsfertigen Drinks übergehen. Zudem liegen Informationen über die jeweiligen Herstellungsverfahren nicht vor, die ihrerseits Einfluss auf den Transfer der Toxine haben können.

Das Produkt Nr. 37 mit dem höchsten Aflatoxin B1-Gehalt aller untersuchten Proben von rund 130 ng/l ist ein Mandeldrink mit einem deklarierten Mandelanteil von 4 %. Da andere Zutaten erwartbar nicht zu einem Eintrag von AFB1 ins Produkt führen können, ist davon auszugehen, dass bei einem vollständigen Toxinübergang aus der Mandel in den Drink 130 ng AFB1 in 40 g Mandeln, bzw. 3,3 µg/kg in der Mandelrohware enthalten waren. Läge der tatsächliche Transfer bei nur 33 % statt 100 %, hätte die Rohware einen Gehalt von 9,8 µg/kg gehabt und wäre damit nicht mehr verkehrsfähig gewesen, da der betreffende Höchstgehalt bei 8,0 µg/kg nach ANHANG I, Nummer 1.1.9 der VO (EU) 2023/915 liegt.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat in einer Stellungnahme "Mykotoxine in Pflanzendrinks" die gesundheitlichen Risiken durch den Verzehr von Pflanzendrinks mit den vom MRI-ermittelten Mykotoxin-Gehalten bewertet. Die Stellungnahme ist publiziert unter: https://www.bfr.bund.de/de/publikation/bfr_stellungnahmen-70243.html

Fazit: Die Proben der Hafer-, Mandel- und Sojadrinks wurden auf die Kontamination mit Mykotoxinen hin untersucht. Zusätzlich zu AFB1, OTA, DON, ZON und T2/HT2 wurde als neu aufkommendes Mykotoxin auch Sterigmatocystin (STC) analysiert.

OTA wurde in keinem Drink detektiert; ZEN wurde auch nur in einzelnen Proben nachgewiesen.

Insbesondere in den Hafer- und Mandeldrinks wurden einige Analyten teilweise häufig quantifiziert, während die Sojadrinks tendenziell nur wenige Befunde an Mykotoxinen lieferten. Am häufigsten wurden T2/HT2-Toxine und STC in Haferdrinks und AFB1 in Mandeldrinks nachgewiesen.

So wurde in 71 % der untersuchten Haferdrinks T2/HT2-Gehalte nachgewiesen. Das „neue“ Mykotoxin STC ist in 67 % der Mandel- und 60 % der Haferdrinks enthalten und aufgrund seiner vermuteten Toxizität ebenfalls als kritisch anzusehen.

Im Rahmen der Stichprobe zeigte sich, dass die mutagene Verbindung AFB1 in 96 % der Mandeldrinks nachweisbar war. Für Pflanzendrinks wurden bislang keine Höchstgehalte festgesetzt. Für Mandeln die für den Endverbraucher oder zur Verwendung als Zutat in Lebensmitteln in Verkehr gebracht werden, gelten laut der Verordnung (EU) 2023/915 Höchstgehalte von 8,0 µg/kg (für AFB1) bzw. von 10,0 µg/kg (für die Summe der Aflatoxine B1, B2, G1 und G2),

Bezüglich der Mykotoxinbelastung lässt sich zusammenfassen, dass sowohl in den 36 Kernproben des Projektes als auch in den 37 ergänzend auf Mykotoxine hin analysierten Hafer- und Mandelprodukte, ein verbreitetes Auftreten der Mykotoxine AFB1, STC und T2/HT2 festzustellen ist. Daraus lässt sich ableiten, dass ein hoher Verzehr von bestimmten Pflanzendrinks zu einem zusätzlichen Eintrag von Mykotoxinen in die Ernährung führen kann. Eine vollumfängliche Beurteilung oder die Ableitung von Verzehrsempfehlungen sind auf Basis der bisherigen Daten noch nicht möglich. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat in einer Stellungnahme "Mykotoxine in Pflanzendrinks" die gesundheitlichen Risiken durch den Verzehr von Pflanzendrinks mit den vom MRI-ermittelten Mykotoxin-Gehalten bewertet. Die Stellungnahme ist publiziert unter: https://www.bfr.bund.de/de/publikation/bfr_stellungnahmen-70243.html

7.3 Mikrobiologie

Die Untersuchungen zur mikrobiologischen Qualität und Sicherheit der Produkte umfassten sowohl Analysen zum allgemeinen Vorkommen von Mikroorganismen (Gesamtkeimzahl) und zu den sogenannten Hygieneindikatoren (Darmbakterien) als auch den Nachweis von pathogenen Bakterien. Zudem wurde das Vorhandensein ausgewählter Mikroorganismen untersucht, welche auf Grund ihrer Hitzetoleranz bzw. der Fähigkeit, Sporen zu bilden, thermische Behandlungsschritte wie z. B. Pasteurisierung, die bei der Herstellung von haltbarer Milch angewandt werden, überstehen können. Als Hygieneindikatoren wurden neben der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl die Zahlen der Enterobakterien (Darmbakterien), *Pseudomonas spp.*, Hefen und Schimmelpilze analysiert. Diese Mikroorganismen zeigen an, ob die Prozesshygiene seitens der Hersteller beherrscht wird oder ob es in Folge z. B. mangelnder Personal- oder Verpackungshygiene zu einem Eintrag von Bakterien als sog. Rekontamination ins Produkt kommt. Des Weiteren wurden *Bacillus spp., Clostridium spp*. und *Listeria monocytogenes* als Vertreter von möglicherweise in diesen Produkten vorkommenden pathogenen Mikroorganismen mit einbezogen. Diese Mikroorganismen können bereits durch die Rohware (Mandel, Hafer und Soja) in den Herstellungsprozess eingetragen werden und unter Umständen, z. B. nach einer starken Vermehrung und/oder Toxinproduktion, zu lebensmittelbedingten Erkrankungen führen. Daneben gibt die Untersuchung auf *Bacillus spp.* und *Clostridium spp*. auch Hinweise auf eine möglicherweise unzureichende Erhitzung des Produkts. Beide Organismen besitzen eine gewisse Hitzetoleranz und können Überdauerungsformen in Form von bakteriellen Sporen bilden, welche unter Umständen eine fehlerhafte bzw. nicht ausreichende Erhitzung überleben können. Anschließend könnten sich ausgekeimte Sporen wieder vermehren und Toxine produzieren.

In den untersuchten Produkten wurde nur in einer Probe eine aerobe mesophile Gesamtkeimzahl von $8{,}7 \times 10^2$ KbE/ml nachgewiesen. Alle anderen untersuchten mikrobiologischen Parameter waren negativ. Nach jetzigem Stand ist in der kontaminierten Probe von einer Rekontamination als Ursache auszugehen, welche sich nach der Erhitzung ereignet haben muss. Die daraufhin initiierten Nachuntersuchungen desselben Produktes derselben Charge (n = 5) waren anschließend unauffällig und ohne Befund.

Fazit: Aus mikrobiologischer Sicht handelt es sich bei den untersuchten Proben um Lebensmittel, welche durch sehr geringe Gesamtkeimzahlen und die Abwesenheit von pathogenen Bakterien gekennzeichnet sind.

7.4 Schwermetalle

Es wurden die Schwermetalle Cadmium, Nickel und Blei analysiert. In Sojadrinks konnten in vorangegangenen Studien bereits Gehalte an Blei und Nickel festgestellt werden [39]. Ebenso empfiehlt die EFSA in einer Stellungnahme von Ende 2020, dass besonders Nickel in Sojadrinks betrachtet werden sollte [40].

Die Ergebnisse der Untersuchungen waren weitgehend unauffällig. Die Bleigehalte aller untersuchten Proben lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,27 µg/100 g. Bei Cadmium wurden vereinzelt Werte knapp oberhalb der Bestimmungsgrenze von 0,03 µg/100 g ermittelt; diese lagen allerdings weit unterhalb des Tolerable Weekly Intake (TWI)-Wertes der EFSA von 2,5 µg/kg KG. Im Fall einer 65 kg schweren Person wird der TWI beim Verzehr von 100 ml eines Hafer- und Mandeldrinks zu 0,02 % und bei einem Sojadrink zu 0,15 % ausgeschöpft. Wird von einem Verzehr von 500 ml im Fall einer 65 kg schweren Person ausgegangen, würde dies zu einer Ausschöpfung des TWI von 0,1 % im Fall eines Hafer- und Mandeldrinks und von 0,7 % im Fall eines Sojadrinks führen. Das Gesundheitsrisiko durch Cadmium in den untersuchten Pflanzendrinks wird daher als sehr gering eingestuft.

Nickel konnte in allen drei Pflanzendrinkkategorien nachgewiesen werden. Der Nickelgehalt war hierbei in den Sojadrinks mit 20,08 ± 6,46 µg/100 g am höchsten. Die niedrigsten Gehalte wurden mit 3,04 ± 1,13 µg/100 g in den Mandeldrinks gemessen. Bei einer 65 kg schweren Person wird der TDI von 13 µg/kg KG der EFSA beim Verzehr von 100 ml Hafer-, Mandel- bzw. Sojadrink zu 1 %, 0,4 % bzw. 2 % ausgeschöpft. Ein Verzehr von 500 ml würde bei einer 65 kg schweren Person zu einer Ausschöpfung des TDI von 6 %, 2 % bzw. 12 % bei einem Hafer-, Mandel- bzw. Sojadrink führen. Das Gesundheitsrisiko für Erwachsene durch Nickel in den vom MRI untersuchten Pflanzendrinks wird daher als gering eingestuft.

Fazit: Die Ergebnisse der Schwermetalluntersuchungen waren weitgehend unauffällig. Die Bleigehalte aller Proben lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Für Cadmium wurden zum Teil Gehalte knapp oberhalb der Bestimmungsgrenze erreicht, die jedoch unter Berücksichtigung des TWI als unbedenklich einzustufen sind. Nickel wurde in allen Pflanzendrinkkategorien im messbaren Bereich bestimmt. Der TDI für Nickel wird bei Erwachsenen jedoch nur zu einem geringen Teil ausgeschöpft.

8 Ernährungsphysiologische Betrachtung als Milchersatz

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchungen der Pflanzendrinks (Mandel-, Hafer- und Sojadrinks) ernährungsphysiologisch bewertet und mit bisher unveröffentlichten BLS-Daten von H-Milch verglichen, da davon auszugehen ist, dass Pflanzendrinks insbesondere bei veganer Ernährung als Ersatzprodukte für Milch verzehrt werden. H-Milch wurde herangezogen, da diese in Bezug auf die Haltbarkeit und somit den damit verbundenen Prozessen den untersuchten Pflanzendrinks am ähnlichsten ist. Dennoch weisen Pflanzendrinks und Kuhmilch aufgrund der verschiedenen Ursprünge sehr unterschiedliche Zusammensetzungen auf. Für die vorliegende Bewertung ist zu beachten, dass Pflanzendrinks untersucht wurden, die nicht mit Vitaminen, Mengen- oder Spurenelementen angereichert waren und eine ernährungsphysiologische Bewertung von angereicherten Produkten zu abweichenden Schlussfolgerungen führen kann. Die aufgenommenen Mengen an Nährstoffen wurden aus den Berechnungen der Verzehrsdaten der Nationalen Verzehrsstudie II (NVSII) sowie der im Anschluss mit einer Subgruppe der NVSII durchgeführten Längsschnittstudie NEMONIT entnommen. Hier gilt zu berücksichtigen, dass die Daten nicht aktuell sind, allerdings bislang keine aktuelleren, repräsentativen Daten für die erwachsene Bevölkerung in Deutschland zur Verfügung stehen.

8.1 Makronährstoffe

Die Verteilung der Makronährstoffe unterschied sich deutlich zwischen den drei untersuchten Pflanzendrinkkategorien und Kuhmilch.

8.1.1 Fett

In Bezug auf Fett sind der niedrige Gehalt an gesättigten Fettsäuren sowie der deutlich höhere Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren in Pflanzendrinks im Vergleich zu Kuhmilch ernährungsphysiologisch grundsätzlich günstig zu bewerten (siehe Tabelle 4 und Abbildung 13). Der Gehalt an einfach sowie mehrfach ungesättigten Fettsäuren schwankte allerdings zwischen den einzelnen Drinks einer Produktart sehr stark, was eine allgemein gültige Aussage erschwert. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt für Erwachsene die Aufnahme von max. 10 % der täglich zugeführten Gesamtenergie aus gesättigten, ca. 13 % aus einfach ungesättigten und ca. 7 % aus mehrfach ungesättigten Fettsäuren [23]. Laut Daten der NVSII sowie der weiteren Beobachtung einer Subgruppe im Rahmen der NEMONIT Studie nahm die deutsche Bevölkerung zwischen 2005 und 2013 im Durchschnitt einen höheren Anteil aus gesättigten Fettsäuren sowie einen geringeren Anteil aus einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren der Gesamtfettsäuren auf [41, 42]. Die DGE empfiehlt den Konsum von Lebensmitteln, die einen hohen Anteil an einfach und vor allem mehrfach ungesättigten Fettsäuren enthalten. Das empfohlene Verhältnis von gesättigten zu ungesättigten Fettsäuren von mindestens 1:2 wird bei den untersuchten Pflanzendrinks (unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Gehalte über alle sechs Produkte einer Produktkategorie) mit Verhältnissen von bis zu 1:10 bei Mandeldrinks übertroffen, während Kuhmilch ein

Verhältnis von 2:1 aufweist. Im Hinblick auf die reine Verteilung der gesättigten und ungesättigten Fettsäuren ist diese bei Kuhmilch jedoch ungünstiger zu bewerten als bei Pflanzendrinks. Ergänzend muss darauf hingewiesen werden, dass Kuhmilch trotz ihres hohen Anteils an gesättigten Fettsäuren vor allem durch das spezifische Fettsäuremuster nicht negativ zu bewerten ist [43]. Bei der Betrachtung der Anteile von gesättigten zu einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren sticht vor allem bei Mandeldrinks der hohe Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren heraus. Alle drei Pflanzendrinkkategorien (Mandel-, Hafer- und Sojadrinks) können somit als eine gute Quelle für die essenzielle, mehrfach ungesättigte Fettsäure Linolsäure angesehen werden; für α-Linolensäure gilt dies nur für Mandel- und Sojadrinks.

Tabelle 4: Mittlere Gehalte von gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks im Vergleich zu H-Milch mit 1,5 % Fett und 3,5 % Fett bzw. Verhältnisse der Fettsäuren zueinander.

Substanz	Hafer-drink	Mandel-drink	Soja-drink	H-Milch, 1,5 % Fett	H-Milch, 3,5 % Fett
Gesättigte Fettsäuren [g/100 g]	0,12	0,19	0,19	1,01	2,39
Einfach ungesättigte Fettsäuren [g/100 g]	0,39	1,43	0,30	0,37	0,87
Mehrfach ungesättigte Fettsäuren [g/100 g]	0,43	0,39	0,72	0,05	0,12
Verhältnis gesättigt:ungesättigt[a]	1:7	1:10	1:5	2:1	2:1
Verhältnis gesättigt:einfach ungesättigt:mehrfach ungesättigt	1:3:3	1:8:2	1:2:4	20:7:1	20:7:1

[a]die DGE empfiehlt ein Verhältnis von 1:2

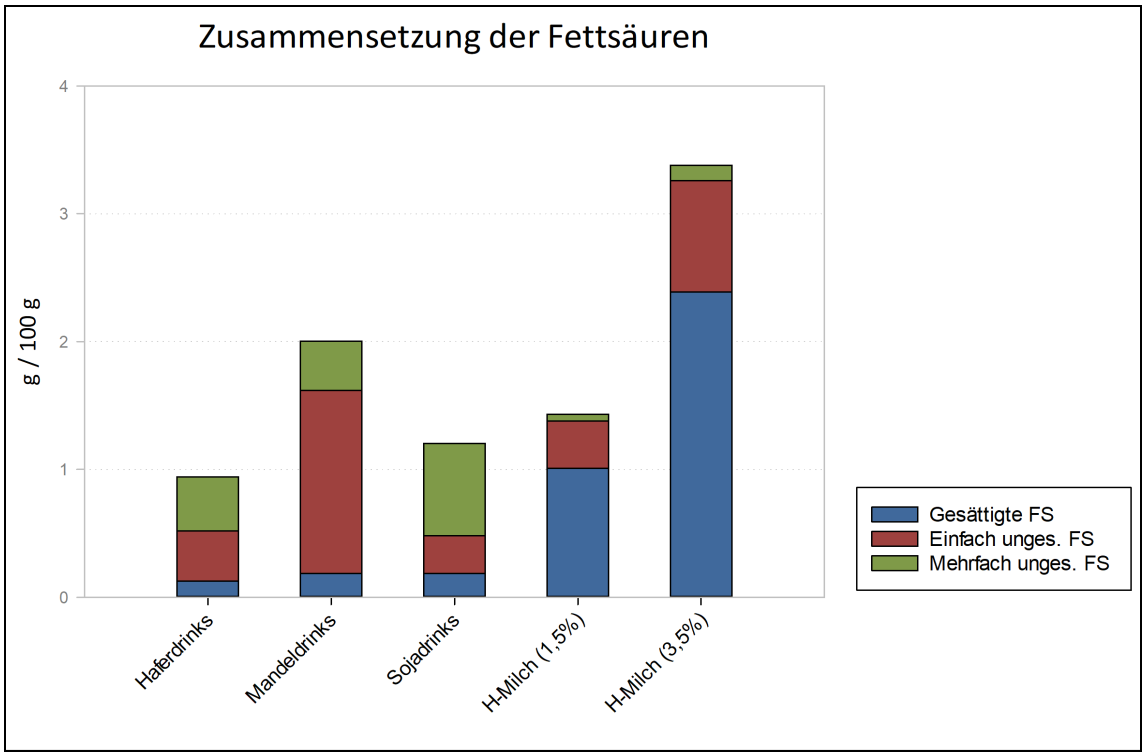


Abbildung 13: Graphische Darstellung der Zusammensetzung von gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren in Hafer-, Mandel- und Sojadrinks im Vergleich zu H-Milch (1,5 und 3,5 % Fett).

8.1.2 Proteine

In Bezug auf den Proteingehalt sind die drei Pflanzendrinkkategorien differenziert zu betrachten. Der Proteingehalt von Hafer- und Mandeldrinks war um ca. den Faktor 4 geringer als jener in Sojadrinks bzw. Kuhmilch. Die Ergebnisse der NVSII zeigen, dass bei Frauen die Kategorie Milch, Milcherzeugnisse und Käse die wichtigste und bei Männern die zweitwichtigste Proteinquelle darstellt [41]. Unter Berücksichtigung der durchschnittlichen täglichen Aufnahme an Milch und Milchmischgetränken als Teil dieser Kategorie [41] und des durchschnittlichen Proteingehaltes dieser Produkte entspricht dies einer täglichen Proteinzufuhr von 3-4,5 g aus diesen Quellen. In einzelnen Gruppen der deutschen Bevölkerung, wie beispielsweise bei 19-24-jährigen bzw. 65-80-jährigen Frauen, erreichten 20,9 % bzw. 15,2 % den Referenzwert für die tägliche Proteinzufuhr nicht [41]. In diesen Gruppen könnte, beispielsweise im Rahmen einer veganen Ernährung, der Konsum von Sojadrinks anstelle von Mandel- oder Haferdrinks zu einer höheren Proteinaufnahme führen. Zusätzlich zur reinen Proteinmenge sollten auch die Aminosäurenzusammensetzung und die Verdaulichkeit berücksichtigt werden. Die Gehalte der einzelnen essenziellen Aminosäuren unterscheiden sich zwischen den einzelnen Drinks einer Produktkategorie sehr voneinander. Den untersuchten Sojadrinks konnte, wie der Kuhmilch, eine sehr gute Proteinqualität zugesprochen werden. Dies liegt am hohen Anteil der essenziellen Aminosäuren. Im Mittel ist der Bedarf der einzelnen essenziellen Aminosäuren bei einer Portion von 200 g Sojadrink für einen Erwachsenen mit 65 kg von 24 % bis zu 57 % gedeckt. Limitierend (essenzielle Aminosäuren, die im Vergleich zum

körpereigenen Bedarf und zu den anderen Aminosäuren am geringsten im Lebensmittel enthalten sind) sind die schwefelhaltigen Aminosäuren Cystein und Methionin, da diese weniger als 10 % des täglichen Bedarfs decken. Im Vergleich zu Kuhmilch ist die Proteinqualität der untersuchten Hafer- und Mandeldrinks aufgrund der geringen Gehalte der limitierenden Aminosäure Lysin bzw. des Lysins und der schwefelhaltigen Aminosäuren geringer. Für die Bewertung der ernährungsphysiologischen Qualität wurde der Index verdaulicher, unentbehrlicher Aminosäuren (*Digestible Indispensable Amino Acid Score*, DIAAS) beachtet [44]. Dieser Wert berücksichtigt die Verdaulichkeit der einzelnen essenziellen Aminosäuren bis zum Ende des Dünndarms im Vergleich zu einem Referenzprotein, das am besten auf die Bedürfnisse des Menschen abgestimmt ist und von der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) vorgegeben wird [44]. Um die DIAAS zu bestimmen, wurde die Verdaulichkeit der Proteine mithilfe des innovativen tiny-TIMsg-Verdauungsmodells untersucht und der Gehalt an resorbierbaren und nicht-resorbierbaren Aminosäuren bestimmt. Der DIAAS wurde aufgrund des hohen Aufwandes der Versuche nur jeweils von einem Produkt einer Produktkategorie untersucht. Unter Berücksichtigung der Schwankungen der Aminosäurengehalte zwischen den unterschiedlichen Produkten einer Produktkategorie könnten sich bei Untersuchung der weiteren fünf Produkte einer Kategorie leicht abweichende DIAAS-Werte ergeben. Der untersuchte Sojadrink (DIAAS 100 %) wies ebenso wie die Kuhmilch (DIAAS 117 %) eine günstige ernährungsphysiologische Proteinqualität auf. Im Gegensatz dazu konnten der untersuchte Haferdrink (DIAAS 73 %) und insbesondere der Mandeldrink (DIAAS 34 %) aufgrund der niedrigeren Werte der limitierenden Aminosäuren, nämlich Lysin bzw. Lysin und der schwefelhaltigen Aminosäuren, nicht als gleichwertig bewertet werden. Die Verdaulichkeit der Proteine war in allen untersuchten Getränken hoch, am höchsten mit 90 % bei Kuhmilch, gefolgt von Haferdrink (88 %), Mandeldrink (86 %) und Sojadrink (81 %).

8.1.3 Kohlenhydrate

In Bezug auf den Kohlenhydratanteil ist nochmals zu betonen, dass im Rahmen dieser Studie *ungesüßte* Pflanzendrinks (ohne zugesetzten Zucker) untersucht wurden und die Zuckergehalte in gesüßten Drinks deutlich höher sein können. In den Untersuchungen waren große Unterschiede beim Kohlenhydratanteil zwischen den verschiedenen Pflanzendrinkkategorien erkennbar, was eine einheitliche Bewertung erschwert. Auf den durch Herstellungsprozesse bedingten höheren Zuckergehalt von bis zu 4,8 g/100 g in vier von sechs Haferdrink-Proben, der fast dem Zuckergehalt von H-Milch entspricht, ist hinzuweisen (siehe Kapitel 4). Im Durchschnitt erreichten Haferdrinks einen Zuckergehalt von 2,75 g/100 g, während Sojadrinks mit 0,40 g/100 g bzw. Mandeldrinks mit 0,17 g/100 g niedrigere Gesamtzuckergehalte aufwiesen. Des Weiteren ist auf den Maltosegehalt von bis zu 2,95 g/100 g in Haferdrinks hinzuweisen, da Maltose einen leicht höheren Glykämischen Index als Glukose hat. Im Vergleich zu laktosehaltiger Kuhmilch haben Pflanzendrinks den Vorteil, dass sie keine Laktose enthalten, wodurch auch Personen mit Laktoseintoleranz diese Produkte unbedenklich konsumieren können.

Ernährungsphysiologisch günstig zu bewerten ist, dass Pflanzendrinks im Gegensatz zu Kuhmilch Ballaststoffe enthalten. Die DGE empfiehlt eine tägliche Aufnahme von 30 g Ballaststoffen. Die Ballaststoffgehalte der untersuchten Haferdrinks schwanken allerdings sehr stark; Mandel- und Sojadrinks wurden als Mischprobe bestimmt, sodass nur ein Mittelwert vorliegt. Die Mischprobe des Sojadrinks enthält den größten Anteil an Ballaststoffen, wovon der überwiegende Anteil aus unlöslichen Ballaststoffen besteht. Eine Portion von 200 g Sojadrink enthält im Mittel 3,52 g Ballaststoffe und deckt damit 10 % des Tagesbedarfs. Bei den Haferdrinks wird der tägliche Bedarf an Ballaststoffen bei einer Portion zu ca. 1 bis 5 % gedeckt. Der Gehalt in Mandeldrinks ist mit unter 1 % des täglichen Bedarfs am geringsten.

Fazit: In Bezug auf Fett können Mandeldrinks, gefolgt von Soja- und Haferdrinks, aufgrund des hohen Gehaltes an mehrfach ungesättigten Fettsäuren und des niedrigen Gehaltes an gesättigten Fettsäuren als ernährungsphysiologisch günstiger als Kuhmilch eingestuft werden. In Bezug auf die Proteine zeigte Kuhmilch die beste Verdaulichkeit, die höchsten Mengen an bioverfügbarem Protein und eine günstigere ernährungsphysiologische Proteinqualität im Vergleich zu allen untersuchten Pflanzendrinks. Die Proteingehalte und die Proteinqualität von Sojadrinks wiesen im Vergleich zu den weiteren untersuchten Pflanzendrinks die günstigste Zusammensetzung auf. Im Vergleich zu Kuhmilch ernährungsphysiologisch günstiger zu bewerten ist das Vorhandensein von Ballaststoffen in Pflanzendrinks. Bei Haferdrinks liegen im Vergleich zu den anderen Drinks prozessbedingt die höchsten Gehalte an Zuckern vor, diese enthalten vor allem Glukose und Maltose.

8.2 Vitamine

Die Gehalte an wasserlöslichen Vitaminen waren in Pflanzendrinks sowie auch in den als Vergleich verwendeten H-Milchproben sehr gering. Für einzelne Vitamine, bei denen sich die Gehalte in H-Milch und Frischmilch deutlich unterscheiden, wurden für die Bewertung auch Daten zu Gehalten aus pasteurisierter, frischer Vollmilch aus dem BLS herangezogen. Die höchsten Thiamingehalte wurden in Sojadrinks, gefolgt von Haferdrinks gemessen, während in den H-Milchproben kein Thiamin und in Mandeldrinks nur geringe Mengen enthalten waren. Der Thiamingehalt von Sojadrinks ist in etwa halb so hoch wie der von Frischmilch. Da Thiamin nicht als kritisches Vitamin eingestuft wird und in vielen unterschiedlichen Lebensmitteln enthalten ist, wird der niedrige Gehalt in Mandeldrinks ernährungsphysiologisch nicht als ungünstig eingestuft. Riboflavin war in annähernd 7-facher Menge in H-Milch und 9-facher Menge in Frischmilch mit 1,5 % Fett im Vergleich zu den Pflanzendrinks vorhanden. Milch und Milchprodukte stellen in der NVSII sowohl bei Männern als auch bei Frauen eine der Hauptquellen für Riboflavin dar. Durch den Verzehr von Milch und Milchprodukten wird die empfohlene Zufuhr von Riboflavin laut NVSII von einem Großteil der Bevölkerung erreicht [41]. Bei einem

vollständigen Ersatz von Milch und Milchprodukten durch Pflanzendrinks könnte die empfohlene Zufuhr dieses Vitamins durch den geringeren Anteil an Riboflavin in Pflanzendrinks von einem Teil der Bevölkerung gegebenenfalls nicht mehr erreicht werden [41]. Vitamin B_{12} wurde in den Pflanzendrinks nicht bestimmt, da davon auszugehen ist, dass dieses Vitamin nicht enthalten ist. In der NVSII war die Kategorie Milch und Käse bei Frauen die wichtigste und bei Männern die zweitwichtigste Quelle für Vitamin B_{12} [41]. Während Männer zum Großteil die empfohlene Zufuhr dieses Vitamins erreichten, war dies vor allem bei jüngeren Frauen nicht der Fall [41]. Weitere Quellen für Vitamin B_{12} sind, abgesehen von angereicherten Lebensmitteln, Lebensmittel tierischen Ursprungs, wie Fleisch, Fisch und Eier [45]. Werden Milch und Milchprodukte durch pflanzenbasierte Getränke ersetzt und auch aufgrund einer vegetarischen oder veganen Ernährungsweise keine weiteren tierischen Produkte konsumiert, so kann dies unter Umständen zu einem Vitamin B_{12}-Mangel führen. Hinsichtlich des Gesamtfolatgehalts sind die im Vergleich zu den H-Milch- und Frischmilchproben höheren Gehalte in Sojadrinks ernährungsphysiologisch günstig zu bewerten, da die Mehrheit der deutschen Bevölkerung (79 % der Männer und 86 % der Frauen) die empfohlene tägliche Zufuhr von Folat nicht erreicht [41]. Mandel- und Haferdrinks enthielten jedoch keine nennenswerten Mengen an natürlichen Folaten. Von den Vitaminen Niacin, Pantothensäure, Vitamin B_6, Biotin und Vitamin C wurden in Pflanzendrinks niedrigere Mengen gemessen als in Kuhmilch. Da die Versorgung in der deutschen Bevölkerung jedoch laut Daten der NVSII gut ist und viele weitere Lebensmittel diese Vitamine liefern, werden die Gehalte in Pflanzendrinks nicht als kritisch angesehen und im vorliegenden Bericht nicht weiter diskutiert [41].

Werden die fettlöslichen Vitamine betrachtet, so lagen die Vitamin A-Gehalte in Pflanzendrinks deutlich unter denen in Kuhmilch. Da Kuhmilch jedoch nur einen kleineren Teil der täglich empfohlenen Zufuhr an Vitamin A liefert und der Großteil der erwachsenen Bevölkerung in Deutschland ausreichend mit diesem Vitamin versorgt ist [41], wird dies nicht als kritisch bewertet. Ernährungsphysiologisch günstig zu bewerten ist, dass in allen drei Pflanzendrinkkategorien deutlich höhere Gehalte an Vitamin E gemessen wurden als in Kuhmilch. Eine Portion (200 g) Mandeldrink liefert bereits in etwa ein Zehntel der Schätzwerte für eine angemessene Vitamin E-Zufuhr [23] und kann damit als eine gute Vitamin E-Quelle bezeichnet werden. In den untersuchten Haferdrinks konnten ebenfalls relativ hohe Vitamin E- Gehalte gemessen werden. Allerdings wurde deutlich, dass diese aus dem zugesetzten Sonnenblumenöl stammten. Vitamin D wurde in den Pflanzendrinks nicht vermutet und daher nicht gemessen. Auch in den als Vergleich herangezogenen H-Milchsorten wurde dieses Vitamin nicht nachgewiesen. Vitamin K wurde weder in den untersuchten Pflanzendrinks noch in den für den Vergleich verwendeten Kuhmilchproben in nennenswerten Mengen gemessen.

Fazit: Mit Ausnahme der Gehalte an Vitamin E in allen untersuchten Pflanzendrinkkategorien und an Folaten in Sojadrinks waren die Gehalte der meisten Vitamine in Kuhmilch höher als in Pflanzendrinks. Die höheren Gehalte an Vitamin E in allen untersuchten Pflanzendrinkkategorien (mit Ausnahme einiger Haferdrinks) und die höheren Gehalte an natürlichen Folaten in Sojadrinks sind aus ernährungsphysiologischer Sicht positiv zu bewerten.

8.3 Mengen- und Spurenelemente

Der Vergleich der Gehalte der Mengen- und Spurenelemente in Pflanzendrinks mit denen in Kuhmilch zeigte, dass die meisten Verbindungen in Kuhmilch in höheren Konzentrationen vorhanden waren. Die Gehalte schwankten zum Teil allerdings sehr stark, selbst innerhalb einer Pflanzendrinkkategorie. Die Calciumgehalte von Mandel- und Sojadrinks waren um ca. den Faktor 8 und die von Haferdrinks um ca. den Faktor 25 geringer als in den untersuchten H-Milchproben. Milch, Milcherzeugnisse und Käse stellen laut NVSII bei Männern und Frauen die wichtigste Quelle für Calcium dar [41]. Die Zufuhr an Calcium auf Basis der NVSII-Daten liegt darüber hinaus bei einem großen Anteil der Bevölkerung unter den Referenzwerten für die tägliche Zufuhr. So erreichten bei den 60–80-jährigen Personen beispielsweise rund 64 % der Frauen und rund 61 % der Männer den Referenzwert für die tägliche Zufuhr nicht [41]. Der Ersatz von Kuhmilch durch nicht angereicherte Pflanzendrinks ist in Bezug auf die Calciumversorgung demnach als kritisch zu bewerten.

Alle untersuchten Sojadrinks wiesen 35–40 % höhere Magnesiumgehalte auf als die zum Vergleich herangezogenen H-Milchproben. Sie können unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Gehalte mit einer Portion (200 g) in etwa ein Zehntel der Schätzwerte für eine angemessene tägliche Zufuhr erreicht werden, während in Mandel- und vor allem Haferdrinks niedrigere Gehalte gemessen wurden. Laut Daten der NVSII sind vor allem jüngere Personen der deutschen Bevölkerung nicht optimal mit Magnesium versorgt [41]. Von den 19–24-jährigen Personen erreichten beispielsweise 40,9 % der Männer und 38,3 % der Frauen den Referenzwert nicht [41].

Pflanzendrinks enthielten des Weiteren weniger Kalium, Chlorid und Phosphor als Kuhmilch. Auf Basis der Daten der NVSII ist die deutsche Bevölkerung ausreichend mit diesen Mengenelementen versorgt [41]; daher werden die entsprechend geringeren Gehalte in Pflanzendrinks nicht als kritisch bewertet. Sowohl in Hafer- als auch in Mandeldrinks wurden mit durchschnittlich 46 mg/100 g bzw. 51 mg/100 g mehrheitlich höhere Gehalte an Natrium gemessen als in H-Milch. Dies entspricht unter der Berücksichtigung einer Portion (200 g) weniger als 3 % des täglichen Orientierungswertes an Natriumchlorid (6 g) und ist somit nicht als kritisch zu bewerten.

Alle drei Pflanzendrinkkategorien erhielten mehr Eisen als Kuhmilch. Sojadrinks wiesen die höchsten Gehalte auf und können unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Gehalte mit einer Portion (200 g) etwa bis zu 8 % der empfohlenen täglichen Zufuhr für

Erwachsene liefern. Zu beachten ist, dass die Bioverfügbarkeit des Eisens stark von anderen Lebensmittelinhaltsstoffen beeinflusst wird [41].

In Pflanzendrinks konnten des Weiteren höhere Gehalte an Kupfer, Mangan und Molybdän gemessen werden als in H-Milch. Selen wurde in den Pflanzendrinks hingegen in geringeren Mengen gemessen. Da allerdings auch Milch und Milchprodukte keine relevanten Selenquellen darstellen, wird dies im Weiteren nicht bewertet. Pflanzendrinks enthalten außerdem keine bzw. nur geringe Mengen an Jod und sind damit keine relevante Quelle für Jod. Im Gegensatz dazu stellen Milch, Milcherzeugnisse und Käse laut Daten der NVSII die zweitwichtigste Jodquelle dar [41]. Bei der Bewertung der Jodzufuhr ist zu berücksichtigen ob jodiertes oder nicht jodiertes Speisesalz verzehrt wird. Laut Daten der NVSII liegen 96 % der Männer und 97 % der Frauen ohne die Verwendung von jodiertem Speisesalz unter der empfohlenen täglichen Jodzufuhr, bei Verwendung von jodiertem Speisesalz liegen Männer zwischen 8–29 % über der dem Tagesbedarf und Frauen erreichen zwischen 81 und 108 % des Tagesbedarfs. Bei Verzehr von jodiertem Speisesalz ist die Mehrheit der Bevölkerung ausreichend versorgt und der Konsum von Pflanzendrinks anstelle von Kuhmilch ist nicht als kritisch zu betrachten. Wird allerdings kein jodiertes Speisesalz verzehrt, ist ein Ersatz von Vollmilch durch Pflanzendrinks ernährungsphysiologisch als kritisch zu betrachten.

Die zwischen den einzelnen Pflanzendrinkkategorien (sowie auch zwischen den unterschiedlichen Produkten einer Kategorie) sehr stark schwankenden Zinkgehalte erfordern eine separate Bewertung. Während in Sojadrinks relativ hohe Zinkgehalte gemessen wurden, die fast jene von Kuhmilch erreichten, waren die von Mandel- und vor allem von Haferdrinks vergleichsweise gering. Milch, Milcherzeugnisse und Käse stellen die zweit- bzw. drittwichtigste Zinkquelle für Frauen bzw. Männer dar [41]. Einzelne Bevölkerungsgruppen, wie Männer zwischen 51–64 bzw. 65–80 Jahren, bei denen 37 % bzw. rund 44 % den Referenzwert nicht erreichen, sind nicht optimal mit Zink versorgt [41]. In diesen Gruppen wären beim Ersatz von Kuhmilch in Bezug auf Zink Sojadrinks gegenüber Mandel- und Haferdrinks vorzuziehen.

Hinsichtlich der Bioverfügbarkeit von mehrfach positiv geladenen Metallkationen wie Eisen und Calcium ist zu berücksichtigen, dass diese durch das im Pflanzendrink enthaltene Phytat abhängig von den Phytat/Element-Verhältnissen beeinflusst wird (siehe auch Kapitel 6.2).

Fazit: In Bezug auf Mengen- und Spurenelemente kann sich der Ersatz von Kuhmilch durch Mandel- und Haferdrinks ungünstig auf die bereits in Teilen niedrige Versorgung mit Calcium, Jod sowie Zink auswirken, während Sojadrinks zu einer besseren Versorgung der Bevölkerung mit Magnesium und Eisen beitragen könnten.

Gesamtfazit zu den ernährungsphysiologischen Aspekten:

Grundsätzlich ist eine abwechslungsreiche Ernährung mit einer vielfältigen Auswahl an unterschiedlichen Lebensmitteln empfehlenswert, die auch Pflanzendrinks beinhalten kann.

Als ernährungsphysiologisch günstig zu bewerten ist die in Pflanzendrinks im Vergleich zu Kuhmilch günstigere Verteilung der gesättigten und ungesättigten Fettsäuren aufgrund eines höheren Gehaltes an ungesättigten Fettsäuren. Auch der höhere Vitamin E- und Eisengehalt sind günstig zu bewerten. Als ernährungsphysiologisch kritisch zu bewerten ist vor allem der in Pflanzendrinks niedrigere Gehalt an Calcium, Jod und Vitaminen, davon vor allem Vitamin B_{12}. Unter den drei untersuchten Pflanzendrinkkategorien wiesen Sojadrinks größtenteils die höchsten Gehalte an Mengenelementen, Spurenelementen und Vitaminen sowie die höchsten Proteingehalte und die beste ernährungsphysiologische Proteinqualität auf.

9 Ausblick

Allgemein

Die Ergebnisse des vorliegenden Projektes schließen eine bestehende Datenlücke zu den Nährstoffgehalten von Pflanzendrinks auf dem deutschen Markt. Die Daten geben einen Einblick in den Markt zum Zeitpunkt der Probenziehung. Sie stellen eine wichtige Ergänzung und Aktualisierung der BLS-Datenbank dar, wobei zu beachten ist, dass es sich bei pflanzlichen Ersatzprodukten um einen sehr dynamischen und sich stetig verändernden Markt handelt. Daher werden die Veränderungen auf dem Lebensmittelmarkt auch weiterhin regelmäßig für den BLS beobachtet und die Aktualität der erhobenen Daten überprüft. Hierbei liegt der Fokus bei künftigen Analyseprojekten auf Produktgruppen, für welche es noch keine oder wenig belastbare Daten gibt. Über Pflanzendrinks hinaus hat der BLS insbesondere bei pflanzlichen Ersatzprodukten einen hohen Bedarf an neuen und aktuellen Nährstoffdaten identifiziert. Als Folgeprojekt zu den Pflanzendrinks werden daher Fleischersatz- und Wurstersatzprodukte institutsübergreifend im MRI analysiert. Weitere Analyseprojekte zu Ersatzprodukten für Käse, Joghurt und anderen tierischen Erzeugnissen könnten perspektivisch, nach Bedarf und Marktrelevanz erfolgen.

Im vorliegenden Projekt wurde die Probenauswahl auf Pflanzendrinks beschränkt, die nicht mit weiteren Nährstoffen angereichert waren. Innerhalb dieses Marktsegmentes waren zum Zeitpunkt der Probenziehung nahezu nur Bioprodukte verfügbar, sodass ausschließlich Bioprodukte gezogen wurden. Da der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bei der biologischen Produktion nicht erlaubt ist, ist dies bei der Interpretation der Ergebnisse zu den Pflanzenschutzmitteln zu berücksichtigen.

In den im vorliegenden Projekt untersuchten Pflanzendrinks wurden verschiedene unerwünschte Stoffe nachgewiesen. Die gemessenen Gehalte insbesondere in Haferdrinks in Kombination mit einer hohen Verzehrsmenge können zu einem relevanten zusätzlichen Eintrag der Mykotoxine T2/HT2-Toxin und Sterigmatocystin führen. Diese Mykotoxine sind ebenfalls im Rohstoff Hafer häufig nachweisbar, sodass davon auszugehen ist, dass die Rohwaren die Hauptkontaminationsquellen der Drinks sind. Bislang ist nicht bekannt, in welchem Umfang diese Stoffe vom Rohstoff in die flüssigen Drinks übergehen. Die Transferfaktoren entlang des Herstellungsprozesses vom Rohstoff zum Drink sollen deshalb in einem Nachfolgeprojekt ermittelt und mögliche Ansätze zur Verringerung der Gehalte gefunden werden.

Datenverwertung

Die gewonnenen Daten werden sowohl in die BLS-Datenbank aufgenommen als auch der Öffentlichkeit über das Repositorium OpenAgrar (https://doi.org/10.25826/Data20240202-110116-0; https://doi.org/10.25826/Data20240202-162836-0; https://doi.org/10.25826/Data20240228-093140-0) bereitgestellt [46-48]. Diese Vorgehensweise ermöglicht einen breiten Zugang und stellt eine bedeutende Ressource dar,

die sowohl von der Wissenschaft, der Wirtschaft als auch von Verbraucherinnen und Verbrauchern genutzt werden kann.

Die Probenauswahl des Projektes ermöglicht im BLS auch die Modellierung der Nährstoffgehalte von angereicherten und gesüßten Produkten. Hierzu können die Zusätze auf dem Markt vorhandener angereicherter Pflanzendrinks recherchiert und mit den erhobenen Grunddaten verrechnet werden, ohne dass zusätzliche Laboranalysen erforderlich sind.

Durch die Integration der Pflanzendrinkdaten in die BLS Version 4.0 verbessert sich die Grundlage für zukünftige Ernährungserhebungen. Hiervon profitieren Projekte wie CO-PLANT[4] und NEMO[5]. Diese werden Verzehrsdaten zu Alternativprodukten erheben und die Nährwerte zur Berechnung der täglichen Nährstoffzufuhr nutzen können.

Eine weitere Verwertung der Ergebnisse wird in Form von wissenschaftlichen Publikationen erfolgen. Zum Zeitpunkt der Berichterstellung wurde bereits ein Manuskript veröffentlicht [49], weitere Publikationen sind in Vorbereitung. Diese Publikationen decken thematisch die Sicherheitsaspekte, Nähr- und Sekundärstoffe und Erkenntnisse zur Verdaulichkeit ab.

[4] **CO**hort on **PLANT**-based Diets Study
[5] **N**ationales **E**rnährungs**mo**nitoring

10 Anhang

Anhang Tabelle 1: Übersicht der gezogenen Proben mit Angaben zum Hersteller und Zutatenverzeichnis gruppiert nach Produktkategorien.

Produkt-kategorie	Hersteller	Zutatenverzeichnis
Hafer	Alnatura Hafer Drink ungesüßt	Wasser, Hafervollkorn 11 %, Sonnenblumenöl, Meersalz
	dm Bio Haferdrink Natur	Wasser, 11 % Vollkornhafer, Sonnenblumenöl, Meersalz
	Edeka Haferdrink Natur	Wasser, 12 % Vollkornhafer, Sonnenblumenöl, Meersalz
	Vemondo (Lidl) Bio Hafer Drink	Wasser, 10 % Hafer, Sonnenblumenöl, Speisesalz
	Oatly Bio Hafer Drink	Wasser, Hafer 10 %, Meersalz
	Provamel Organic Oat Drink with No Sugar	Haferbasis (Wasser, Hafer (8,4 %)), Sonnenblumenöl, Meersalz
Mandel	Alnatura Mandel Drink ungesüßt	Wasser, Mandeln 7 %, Meersalz
	Allos Mandel 0 % Zucker	Wasser, italienische Mandeln 5 %, Meersalz
	dm Bio Mandel Drink Natur	Trinkwasser, Mandelpaste, Meersalz
	K Take it Veggie Bio Mandel Drink ungesüßt	Wasser, Mandeln (2,5 %), Maltodextrin, Meersalz, Emulgator: Sonnen-blumenlecithine, Stabilisator: Gellan
	Provamel Bio Mandel ohne Zucker	Wasser, Mandeln (5 %), Meersalz, Stabilisator (Gellan)
	Rewe Bio Mandeldrink Natur	Wasser, Mandeln 3,5 %, Speisesalz, Stabilisator Gellan
		Wasser, Mandeln 3 %, Meersalz
Soja	Alnatura Soja Drink ungesüßt	Wasser, Sojabohnen 9 %
	Berief Sojadrink Naturell	Trinkwasser, Sojabohnen, Meersalz

Produkt-kategorie	Hersteller	Zutatenverzeichnis
Soja	K Take it Veggie Bio Soja Drink ungesüßt	Wasser, Sojabohnen 9 %
	Edeka Bio + Vegan Sojadrink Classic	Wasser, 11 % Sojabohnen, Meersalz
	Allos Soja ungesüßt	Wasser, italienische Soja 7,5 %, Meersalz
	Provamel Organic Bio Natural Soja Drink ungesüßt	Sojabasis (Wasser, geschälte Sojabohnen (9,8 %))

Anhang Tabelle 2: Kennzahlen (Berechnungsgrundlage siehe Kapitel 3.3) und Bestimmungsgrenze (LOQ) der Analyseergebnisse bezogen auf die unterschiedlichen Produktkategorien (n = 12; n = 2 (Mischproben)).

Nährstoff	LOQ[6]	Hafer			Mandel			Soja			Anzahl analytischer Proben
Makronährstoffe											
		MW	Min	Max	MW	Min	Max	MW	Min	Max	
Wassergehalt [g/100 g]	-	91,12	88,84	93,19	96,33	95,39	97,69	93,48	92,30	94,56	12
Protein [g/100 g]	-	0,74	0,20	1,32	0,88	0,42	1,25	3,23	2,92	3,58	12
Fett [g/100 g]	0,4	1,01	0,43	1,44	2,16	1,32	2,94	1,30	1,04	1,47	12
Glukose [g/100 g]	0,0001	2,546	0,020	4,264	0,003	0	0,010	0,015	0,002	0,063	12
Fruktose [g/100 g]	0,0001	0,113	0,005	0,252	0,002	0,001	0,006	0,008	0,002	0,027	12

[6] LOQ – Bestimmungsgrenze (limit of quantification)
hellblau: Analyseergebnisse unterhalb des jeweiligen LOQ der Methode

Nährstoff	LOQ[6]	Hafer			Mandel			Soja			Anzahl analytischer Proben
		MW	Min	Max	MW	Min	Max	MW	Min	Max	
Saccharose [g/100 g]	0,001	0,087	0,047	0,128	0,168	0,074	0,259	0,366	0,252	0,577	12
Maltose [g/100 g]	0,0001	1,07	0,26	2,95	0	0	0	0	0	0	12
Asche [g/100 g]	0,15	0,21	0,16	0,26	0,24	0,18	0,27	0,37	0,33	0,47	12
Stärke [g/100 g]	0,004	0,175	0,010	0,770	0,030	0,010	0,060	0,010	0	0,020	12
lösliche Ballaststoffe [g/100 g]	0,01	0,15	0,09	0,20	0,01	-	-	0,07	-	-	6[7]/1[8]
unlösliche Ballaststoffe [g/100 g]	0,01	0,31	0,04	0,68	0,12	-	-	1,69	-	-	6[7]/1[8]
Gesamtballaststoffe [g/100 g]	0,01	0,45	0,17	0,79	0,13	-	-	1,76	-	-	6[7]/1[8]
Fettsäuren											
Myristinsäure [g/100 g Fett]	0,1	0,12	0,08	0,22	0,02	0	0,06	0,06	0,06	0,07	12
Palmitinsäure [g/100 g Fett]	0,1	9,67	7,31	15,14	6,23	5,52	7,47	9,88	9,02	10,25	12
Palmitoleinsäure [g/100 g Fett]	0,1	0,23	0,14	0,40	0,48	0,36	0,54	0,08	0,07	0,09	12
Heptadec-9-ensäure [g/100 g Fett]	0,1	0,03	0	0,04	0,06	0,05	0,06	0,09	0,08	0,10	12
Stearinsäure [g/100 g Fett]	0,1	2,66	1,44	3,24	2,75	1,95	5,08	4,50	4,21	5,22	12

[6] LOQ – Bestimmungsgrenze (limit of quantification)
[7] bei den Proben der Haferdrinks wurden bereits vor der Untersuchung Charge 1 und Charge 2 gemischt
[8] bei den Proben der Mandel- und Sojadrinks wurde bereits vor der Untersuchung eine Mischprobe aus allen Proben gebildet
hellblau: Analyseergebnisse unterhalb des jeweiligen LOQ der Methode

Nährstoff	LOQ[6]	Hafer			Mandel			Soja			Anzahl analytischer Proben
		MW	Min	Max	MW	Min	Max	MW	Min	Max	
Ölsäure [g/100 g Fett]	0,1	39,78	29,51	61,00	69,03	64,99	70,23	22,83	19,67	25,14	12
cis-Vaccensäure [g/100 g Fett]	0,1	1,07	0,90	1,29	1,71	1,61	1,88	1,41	1,21	1,54	12
Linolsäure [g/100 g Fett]	0,1	44,18	23,34	55,55	19,18	13,89	24,42	52,38	50,23	56,05	12
α-Linolensäure [g/100 g Fett]	0,1	0,73	0,39	1,73	0,04	0,02	0,05	7,27	6,79	8,63	12
Arachinsäure [g/100 g Fett]	0,1	0,23	0,13	0,27	0,13	0,09	0,17	0,40	0,36	0,44	12
Gondosäure [g/100 g Fett]	0,1	0,52	0,32	0,94	0,09	0,07	0,13	0,20	0,17	0,22	12
Behensäure [g/100 g Fett]	0,1	0,53	0,07	0,69	0,11	0	0,32	0,43	0,39	0,52	12
Lignocerinsäure [g/100 g Fett]	0,1	0,05	0	0,09	0,03	0	0,08	0,13	0,02	0,25	12
Squalen [g/100 g Fett]	0,1	0,22	0,07	0,27	0,11	0	0,32	0,43	0,39	0,52	12
Aminosäuren											
Asparagin + -säure [mg/100 g]	-	52,21	9,52	87,99	80,86	33,57	110,46	345,65	296,58	394,33	12
Glutamin + -säure [mg/100 g]	-	138,48	18,13	244,66	199,72	84,18	278,13	554,51	476,06	636,61	12
Serin [mg/100 g]	-	32,41	3,76	30,84	30,67	12,88	42,78	160,29	132,81	185,72	12
Glycin [mg/100 g]	-	17,70	3,76	30,84	23,97	10,77	33,17	75,34	63,59	86,89	12
Histidin [mg/100 g]	-	12,29	1,37	23,34	16,68	6,60	23,17	77,92	65,44	87,64	12

[6] LOQ – Bestimmungsgrenze (limit of quantification)
hellblau: Analyseergebnisse unterhalb des jeweiligen LOQ der Methode

Nährstoff	LOQ[6]	Hafer			Mandel			Soja			Anzahl analytischer Proben
		MW	Min	Max	MW	Min	Max	MW	Min	Max	
Threonin [mg/100 g]	-	19,81	3,32	33,53	19,01	8,01	26,20	110,03	93,45	125,91	12
Arginin [mg/100 g]	-	37,39	4,14	70,35	81,56	33,15	116,01	237,42	209,56	263,26	12
Alanin [mg/100 g]	-	25,52	4,24	43,78	29,61	12,38	40,89	115,78	97,98	133,06	12
Prolin [mg/100 g]	-	42,11	11,42	69,91	32,23	14,39	45,70	160,46	136,77	182,66	12
Cystein [mg/100 g]	-	12,82	1,87	22,80	6,82	2,08	9,97	33,12	23,95	42,75	12
Tyrosin [mg/100 g]	-	17,25	1,43	32,81	24,91	9,51	35,49	121,23	102,34	140,87	12
Valin [mg/100 g]	-	31,74	3,42	56,74	32,78	13,55	46,00	140,59	121,58	160,64	12
Methionin [mg/100 g]	-	11,64	0	19,00	0	0	0	34,62	16,55	52,33	12
Isoleucin [mg/100 g]	-	25,40	2,47	45,42	29,06	11,98	40,11	146,07	125,79	166,11	12
Leucin [mg/100 g]	-	45,79	4,81	81,08	49,86	20,51	71,07	223,66	196,93	254,21	12
Lysin [mg/100 g]	-	28,81	6,06	54,64	18,60	10,12	25,57	186,56	153,45	214,21	12
Phenylalanin [mg/100 g]	-	33,23	3,15	59,61	39,40	15,83	55,88	157,79	142,17	177,72	12
Tryptophan [mg/100 g]	-	11,51	2,03	20,63	8,46	3,39	12,85	48,41	39,45	54,84	12
Vitamine											
Thiamin [µg/100 g]	6,3	28,18	10,61	47,86	3,23	0	8,37	44,02	30,76	60,41	12

[6] LOQ – Bestimmungsgrenze (limit of quantification)
hellblau: Analyseergebnisse unterhalb des jeweiligen LOQ der Methode

Nährstoff	LOQ[6]	Hafer			Mandel			Soja			Anzahl analytischer Proben
		MW	Min	Max	MW	Min	Max	MW	Min	Max	
Riboflavin [µg/100 g]	6,3	8,25	3,15	10,76	20,58	7,90	32,91	17,62	14,98	25,44	12
Niacin [mg/100 g]	0,05	0,025	0,025	0,025	0,12	0,11	0,12	0,14	0,13	0,14	2
Biotin [µg/100 g]	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	2
Pantothensäure [mg/100 g]	0,05	0,025	0,025	0,025	0	0	0	0,086	0,085	0,086	2
Vitamin B_6 [mg/100 g]	0,05	0	0	0	0	0	0	0,025	0,025	0,025	2
Gesamtfolat [µg/100 g]	1,00	0,5	0,5	0,5	0	0	0	9,7	8,4	11,0	2
Vitamin E[9] [mg/100 g]	0,001	0,393	0,077	0,659	0,561	0,306	0,924	0,357	0,237	0,407	12
D-α-Tocopherol [mg/100 g]	0,001	0,359	0,046	0,607	0,552	0,300	0,915	0,139	0,035	0,192	12
D-β-Tocopherol [mg/100 g]	0,001	0,016	0,005	0,026	0,009	0,006	0,019	0,025	0,015	0,031	12
D-γ-Tocopherol [mg/100 g]	0,001	0,004	0,001	0,007	0,019	0,012	0,028	0,810	0,595	1,065	12
D-δ-Tocopherol [mg/100 g]	0,001	0	0	0	0,001	0	0,003	0,333	0,254	0,459	12
D-α-Tocotrienol [mg/100 g]	0,001	0,083	0,026	0,124	0,003	0	0,006	0	0	0,001	12
D-β-Tocotrienol [mg/100 g]	0,001	0,012	0,002	0,018	0	0	0	0	0	0	12
D-γ-Tocotrienol [mg/100 g]	0,001	0,002	0	0,008	0,001	0	0,003	0,001	0	0,003	12

[6] LOQ – Bestimmungsgrenze (limit of quantification)
[9] 1 mg Vitamin E Äquivalent entspricht 1 mg α-tocopherol, 2 mg β-tocopherol, 4 mg γ-tocopherol, 100 mg δ-tocopherol oder 3,3 mg α-tocotrienol
hellblau: Analyseergebnisse unterhalb des jeweiligen LOQ der Methode

Nährstoff	LOQ[6]	Hafer			Mandel			Soja			Anzahl analytischer Proben
		MW	Min	Max	MW	Min	Max	MW	Min	Max	
D-δ-Tocotrienol [mg/100 g]	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
Plastochromanol-8 [mg/100 g]	0,001	0,003	0,001	0,005	0,010	0,006	0,013	0,014	0,004	0,023	12
Summe Tocopherole	0,001	0,478	0,156	0,787	0,595	0,327	0,960	1,322	1,072	1,690	12
Vitamin A[10] [µg/100 g]	-	0,01	0	0,01	0	0	0	0,07	0,06	0,07	2
Lutein [µg/100 g]	0,14	0,37	0,31	0,42	0	0	0	8,37	7,69	9,05	2
α-Carotin [µg/100 g]	0,22	0,15	0,11	0,18	0	0	0	0,25	0,22	0,27	2
all-trans-β-Carotin [µg/100 g]	0,61	0	0	0	0	0	0	0,67	0,61	0,73	2
13Z-β-Carotin [µg/100 g]	0.61	0	0	0	0	0	0	0,55	0,51	0,59	2
Carotin unbestimmt [µg/100 g]	-	1,60	1,58	1,61	0	0	0	0	0	0	2
Summe Carotin [µg/100 g]	-	2,11	1,77	2,45	0	0	0	9,84	9,03	10,64	2
Vitamin K [µg/100 g]	1,0	< 1,0	-	-	< 1,0	-	-	< 1,0	-	-	2
Elemente											
Calcium [mg/100 g]	0,06	4,37	2,50	5,81	12,54	10,11	14,92	14,56	10,10	17,86	12
Kalium [mg/100 g]	0,17	30,60	18,98	41,07	31,27	12,94	49,50	131,98	92,70	185,18	12

[6] LOQ – Bestimmungsgrenze (limit of quantification)
[10] 1 µg Retinolaktivitätsäquivalent entspricht 1 µg Retinol, 12 µg β-Carotin oder 24 µg andere Provitamin-A-Carotinoide
hellblau: Analyseergebnisse unterhalb des jeweiligen LOQ der Methode

Nährstoff	LOQ[6]	Hafer			Mandel			Soja			Anzahl analytischer Proben
		MW	Min	Max	MW	Min	Max	MW	Min	Max	
Magnesium [mg/100 g]	0,010	3,69	1,84	5,41	7,63	5,85	9,82	16,35	13,22	22,64	12
Natrium [mg/100 g]	0,003	47,23	34,17	59,33	51,00	33,42	62,74	25,48	11,93	45,83	12
Phosphor [mg/100 g]	0,12	20,65	9,85	29,32	18,32	13,55	27,23	42,45	32,93	55,49	12
Chrom [µg/100 g]	0,79	< 0,79	-	-	0,82	-	-	0,81	-	-	12
Eisen [µg/100 g]	25,35	56,95	12,68	108,47	92,80	51,14	112,94	414,42	324,22	686,35	12
Iod [µg/100 g]	2,97	3,86	-	-	< 2,97	-	-	< 2,97	-	-	12
Kupfer [µg/100 g]	3,88	21,41	1,94	36,48	36,87	14,91	56,81	116,51	75,55	155,35	12
Mangan [µg/100 g]	0,29	59,83	8,86	164,34	41,87	23,41	63,01	186,61	136,85	221,11	12
Molybdän [µg/100 g]	0,09	11,38	6,25	22,86	1,47	0,72	1,95	45,40	18,64	96,51	12
Selen [µg/100 g]	1,36	< 1,36	-	-	< 1,36	-	-	< 1,36	-	-	12
Zink [µg/100 g]	10,54	57,40	5,27	145,65	103,41	52,19	137,32	284,73	203,52	433,40	12
Chlorid [mg/100 g]	-	81,8	76,4	88,4	75,8	56,1	95,0	31,3	4,20	56,4	12
Schwefel [mg/100 g]	-	17,8	8,0	29,0	11,2	7,0	16,0	31,0	25,0	36,0	12
Sekundärstoffe											
Gesamt-Sterine [mg/100 g]	0,005	3,324	1,741	4,550	4,706	2,812	6,862	3,785	3,526	4,433	12

[6] LOQ – Bestimmungsgrenze (limit of quantification)
hellblau: Analyseergebnisse unterhalb des jeweiligen LOQ der Methode

Nährstoff	LOQ[6]	Hafer			Mandel			Soja			Anzahl analytischer Proben
		MW	Min	Max	MW	Min	Max	MW	Min	Max	
Sojaisoflavone[11] [mg/100 g]	-	n. a.[12]	-	-	n. a.[12]	-	-	11,90	9,54	17,38	12
IP_6 [mg/100 g]	2	8,6	0	15,4	47,2	25,9	71,0	81,5	63,2	105,6	12
IP_5 [mg/100 g]	2	3,7	0	5,5	12,1	5,0	19,6	12,6	9,2	17,6	12
Pflanzenschutzmittel											
Fluropyram [mg/L]	0,005	-	-	-	<< 0,005	-	-	-	-	-	12
Schwermetalle											
Blei [µg/100 g]	0,27	0,05	0,02	0,09	0,05	0,00	0,09	0,06	0,00	0,12	12
Cadmium [µg/100 g]	0,03	0,03	-	-	0,04	-	-	0,24	0,03	0,65	12
Nickel [µg/100 g]	0,62	9,58	6,10	12,34	3,04	1,16	4,17	20,08	13,11	29,57	12

[6] LOQ – Bestimmungsgrenze (limit of quantification)
[11] Gesamtgehalt der Sojaisoflavone (Daidzein, Genistein, Glycitein sowie deren Glucoside, 6''-O-Acetylglucoside und 6''-O-Malonylglucoside) als Aglykonäquivalente
[12] n. a. – nicht analysiert
hellblau: Analyseergebnisse unterhalb des jeweiligen LOQ der Methode

Literaturverzeichnis

1. *Scholz-Ahrens KE, Ahrens F, Barth CA:* Nutritional and health attributes of milk and milk imitations. Eur. J. Nutr. 59 (1), 19-34, 2020, doi: 10.1007/s00394-019-01936-3
2. *LZ:* Einkaufsmenge von konventioneller Milch und pflanzlichem Milchersatz pro Käufer in Deutschland im Jahr 2022 (in Liter) [Graph]. 2023, Internet: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1373692/umfrage/pro-kopf-absatz-milch-und-milchersatz/ (accessed 13.07.2023)
3. *Statista:* Umsatz mit Milchersatzprodukten in Deutschland in den Jahren 2014 bis 2022 und einer Prognose bis 2027 2022, Internet: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/170892/umfrage/ranking-der-meistgekauften-konsumierten-getraenke/ (accessed 3.08.2023)
4. *Morawicki RO:* Sampling and Sample Preparation. In: *Nielsen S (ed)*: Food Analysis. Springer US, Boston, MA, 4, 69–81, 2010, doi: 10.1007/978-1-4419-1478-1_5
5. *Sammán NC, Gimenez MA, Bassett N, Lobo MO, Marcoleri ME:* Validation of a sampling plan to generate food composition data. Food Chemistry 193, 141-147, 2016, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.083
6. *Sirot V, Volatier JL, Calamassi-Tran G, Dubuisson C, Menard C, Dufour A, Leblanc JC:* Core food of the French food supply: second Total Diet Study. Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment 26 (5), 623-639, 2009, doi: 10.1080/02652030802695506
7. *Stiftung Warentest:* Sojadrinks im Test - Siebenmal gut, fünfmal zu viel Schadstoffe oder Keime 2018, Internet: www.test.de/Sojadrinks-im-Test-1567644-0/ (accessed 30.08.2023)
8. *Stiftung Warentest:* Haferdrinks im Test - Drei schmecken sehr gut 2020, Internet: www.test.de/Haferdrinks-im-Test-Drei-schmecken-sehr-gut-5602858-0 (accessed 30.08.2023)
9. *Feiß A, Storcksdieck genannt Bonsmann S:* Pflanzliche Milchalternativen auf dem deutschen Markt (interne Recherche, unveröffentlicht). Institut für Ernährungsverhalten, Max Rubner-Institut, 2022
10. *POSpulse:* Auf welche Alternativen zu konventioneller Milch greifst du zurück? . Statista, 2021, Internet: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1054681/umfrage/beliebte-milchalternativen-in-deutschland/ (accessed 07.07.2023)
11. *Monakhova YB, Godelmann R, Andlauer C, Kuballa T, Lachenmeier DW:* Identification of Imitation Cheese and Imitation Ice Cream Based on Vegetable Fat Using NMR Spectroscopy and Chemometrics. Int. J. Food Sci. 2013, 9, 2013, doi: https://doi.org/10.1155/2013/367841
12. *Schmidt M, Sciurba E:* Determination of FODMAP contents of common wheat and rye breads and the effects of processing on the final contents. Eur. Food Res. Technol. 247 (2), 395-410, 2020, doi: 10.1007/s00217-020-03633-6
13. *Buta MB, Emire S, A., Posten C, Andrée S, Greiner R:* Reduction of ß-ODAP and IP6 contents in *Lathyrus sativus* L. seed by high hydrostatic pressure. Food Res. Int. 120, 73-82, 2019, doi: 10.1016/j.foodres.2019.02.011
14. *Oguntoyinbo FA, Cho GS, Trierweiler B, Kabisch J, Rosch N, Neve H, Bockelmann W, Frommherz L, Nielsen DS, Krych L, Franz C:* Fermentation of African kale (*Brassica carinata*) using L. *plantarum* BFE 5092 and L. *fermentum* BFE 6620 starter strains. Int. J. Food Microbiol. 238, 103-112, 2016, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.08.030

15. *Kresse M, Biederbick T, Zoost C:* Cholesterol Determination Automated Determination by using LC/GC-FID. Dtsch. Lebensm.-Rundsch. 115 (2), 50-56, 2019
16. *Shao S, Duncan AM, Yang R, Marcone MF, Rajcan I, Tsao R:* Systematic evaluation of pre-HPLC sample processing methods on total and individual isoflavones in soybeans and soy products. Food Res. Int. 44 (8), 2425-2434, 2011, doi: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.041
17. *Sandberg AS, Carlsson NG, Svanberg U:* Effects of Inositol Tri-, Tetra-, Penta-, and Hexaphosphates on In Vitro Estimation of Iron Availability. J. Food Sci. 54 (1), 159-161, 1989, doi: 10.1111/j.1365-2621.1989.tb08591.x
18. *Sethi S, Tyagi SK, Anurag RK:* Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. Journal of Food Science and Technology 53 (9), 3408-3423, 2016, doi: 10.1007/s13197-016-2328-3
19. *Max Rubner-Institut:* Bundeslebensmittelschlüssel (BLS): Version 4.0 (German Nutrient Database: Version 4.0), unveröffentlicht. MRI, Karlsruhe,
20. *Drewnowski A:* Plant-based milk alternatives in the USDA Branded Food Products Database would benefit from nutrient density standards. Nat. Food. 2 (8), 567-569, 2021, doi: 10.1038/s43016-021-00334-5
21. *Angelino D, Rosi A, Vici G, Dello Russo M, Pellegrini N, Martini D, Grp SYW:* Nutritional Quality of Plant-Based Drinks Sold in Italy: The Food Labelling of Italian Products (FLIP) Study. Foods 9 (5), 14, 2020, doi: https://doi.org/10.3390/foods9050682
22. *Lešková E, Kubíková J, Kováčiková E, Košická M, Porubská J, Holčíková K:* Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. J. Food Compos. Anal. 19 (4), 252-276, 2006, doi: https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.04.014
23. *DGE:* D-A-CH Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, 2. Auflage, 7. aktualisierte Ausgabe. Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung, 2021
24. *Maatta K, Lampi AM, Petterson J, Fogelfors BM, Piironen V, Kamal-Eldin A:* Phytosterol content in seven oat cultivars grown at three locations in Sweden. J. Sci. Food Agric. 79 (7), 1021-1027, 1999, doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(19990515)79:7<1021::AID-JSFA316>3.0.CO;2-E
25. *Shewry PR, Piironen V, Lampi AM, Nystrom L, Li L, Rakszegi M, Fras A, Boros D, Gebruers K, Courtin CM, Delcour JA, Andersson AAM, Dimberg L, Bedo Z, Ward JL:* Phytochemical and Fiber Components in Oat Varieties in the HEALTHGRAIN Diversity Screen. J. Agric. Food Chem. 56 (21), 9777-9784, 2008, doi: 10.1021/jf801880d
26. *Ellis R, Kelsay JL, Reynolds RD, Morris ER, Moser PB, Frazier CW:* Phytate:zinc and phytate x calcium:zinc millimolar ratios in self-selected diets of Americans, Asian Indians, and Nepalese. Journal of the American Dietetic Association 87 (8), 1043-1047, 1987, doi: https://doi.org/10.1016/s0002-8223(21)03239-9
27. *Israr B, Frazier RA, Gordon MH:* Effects of phytate and minerals on the bioavailability of oxalate from food. Food Chemistry 141 (3), 1690-1693, 2013, doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.130
28. *Hurrell RF:* Phytic acid degradation as a means of improving iron absorption. International Journal for Vitamin and Nutrition Research 76 (6), 445-452, 2004, doi: https://doi.org/10.1024/0300-9831.74.6.445
29. *Morris ER, Ellis, R.:* Bioavailability of dietary calcium: Effect of phytate on adult men consuming nonvegetarian diets. American Chemical Society Symposium Series, 63-72, 1985, doi: https://doi.org/10.1021/bk-1985-0275.ch006

30. *Messina M, Duncan A, Messina V, Lynch H, Kiel J, Erdman JW, Jr.:* The health effects of soy: A reference guide for health professionals. Front. Nutr. 9, 970364, 2022, doi: https://doi.org/10.3389/fnut.2022.970364

31. *Hüser S, Guth S, Joost HG, Soukup ST, Köhrle J, Kreienbrock L, Diel P, Lachenmeier DW, Eisenbrand G, Vollmer G, Nöthlings U, Marko D, Mally A, Grune T, Lehmann L, Steinberg P, Kulling SE:* Effects of isoflavones on breast tissue and the thyroid hormone system in humans: a comprehensive safety evaluation. Arch. Toxicol. 92 (9), 2703-2748, 2018, doi: https://doi.org/10.1007/s00204-018-2279-8

32. *Bhagwat S, Haytowitz DB:* USDA Database for the Isoflavone Content of Selected Foods, Release 2.1 (November 2015). 2015, Internet:

33. *Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit:* Pflanzenschutzmittel-Rückstände auf Lebensmitteln. Internet: https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/04_Pflanzenschutzmittel/02_Verbraucher/02_PSM_Rueckstaende_LM/psm_PSMRueckstaendeLM_node.html (accessed 10..07.2023)

34. *Europäische Kommission:* Verordnung (EU) 2017/978 DER KOMMISSION vom 9. Juni 2017 zur Änderung der Anhänge II, III und V der Verordnung (EG) Nr. 396/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Höchstgehalte an Rückständen von Fluopyram, Hexachlorcyclohexan (HCH), Alpha-Isomer, Hexachlorcyclohexan (HCH), Beta-Isomer, Hexachlorcyclohexan (HCH), Summe der Isomere außer dem Gamma-Isomer, Lindan (Hexachlorcyclohexan (HCH), Gamma-Isomer), Nikotin und Profenofos in oder auf bestimmten Erzeugnisse Amtsblatt der Europäischen Union L151/1,

35. *Rathod PH, Shah PG, Parmar KD, Kalasariya RL:* The Fate of Fluopyram in the Soil–Water–Plant Ecosystem: A Review. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 260 (1), 2022, doi: 10.1007/s44169-021-00001-7

36. *Europäische Kommission:* Verordnung (EU) 2023/915 der Kommission vom 25. April 2023 über Höchstgehalte für be-stimmte Kontaminanten in Lebensmitteln und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006. Amtsblatt der Europäischen Union L119/103,

37. *Diaz Nieto CH, Granero AM, Zon MA, Fernandez H:* Sterigmatocystin: A mycotoxin to be seriously considered. Food Chem. Toxicol. 118, 460-470, 2018, doi: 10.1016/j.fct.2018.05.057

38. *Theumer MG, Henneb Y, Khoury L, Snini SP, Tadrist S, Canlet C, Puel O, Oswald IP, Audebert M:* Genotoxicity of aflatoxins and their precursors in human cells. Toxicol. Lett. 287, 100-107, 2018, doi: 10.1016/j.toxlet.2018.02.007

39. *Rubio C, Paz S, Gutiérrez AnJ, González-Weller D, Martín R, Hardisson A:* Human Exposure to Potentially Toxic Elements from the Consumption of Soybean Beverages Commercialized in Spain. J. Food Prot. 84 (6), 932-937, 2020, doi: 10.4315/jfp-19-565

40. *European Food Safety Authority:* Update of the risk assessment of nickel in food and drinking water. EFSA J. 18 (11), e06268, 2020, doi: https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6268

41. *Max-Rubner-Institut:* Nationale Verzehrsstudie II - Ergebnisbericht Teil 2, 2008

42. *Gose M, Krems C, Heuer T, Hoffmann I:* Trends in food consumption and nutrient intake in Germany between 2006 and 2012: results of the German National Nutrition Monitoring (NEMONIT). Br. J. Nutr. 115 (8), 1498-1507, 2016, doi: 10.1017/S0007114516000544

43. *Fontecha J, Calvo MV, Juarez M, Gil A, Martínez-Vizcaino V:* Milk and Dairy Product Consumption and Cardiovascular Diseases: An Overview of Systematic

Reviews and Meta-Analyses. Advances in Nutrition 10, S164-S189, 2019, doi: https://doi.org/10.1093/advances/nmy099

44. *FAO:* Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAQ Expert Consultation Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2013

45. *Allen LH:* Causes of vitamin B_{12} and folate deficiency. Food Nutr. Bull. 29 (2_Suppl1), S20-34, 2008, doi: 10.1177/15648265080292s105

46. *Stöckl M, Frommherz L, Brühl L, Krüger R, Soukup S, Greiner R:* Dataset for the Comprehensive Characterization of Plant-Based Drinks: Vitamins and Selected Secondary Plant Metabolites. 2024, doi: https://doi.org/10.25826/Data20240202-162836-0

47. *Stöckl M, Frommherz L, Hüsken A, Brühl L, Schmidt M, Langenkämper G:* Dataset for the Comprehensive Characterization of Plant-Based Drinks: Macronutrients, Amino Acids and Fatty Acids. 2024, doi: https://doi.org/10.25826/Data20240202-110116-0

48. *Lencioni A, Sciurba E, Hüsken A, Müller A:* Dataset for the Comprehensive Characterization of Plant-Based Drinks: Various Minerals, Trace Elements and Heavy Metals. 2024, doi: https://doi.org/10.25826/Data20240228-093140-0

49. *Khamzaeva N, Kunz C, Schamann A, Pferdmenges L, Briviba K:* Bioaccessibility and digestibility of proteins in plant-based drinks and cow's milk: Antioxidant potential of the bioaccessible fraction. J. Agric. Food Chem. 72 (4), 2300-2308, 2024, doi: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c07221

Max Rubner-Institut
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel

Adresse Haid-und-Neu-Straße 9, 76131 Karlsruhe
Telefon +49 (0)721 6625 201
Fax +49 (0)721 6625 111
E-Mail praesident@mri.bund.de
Internet www.mri.bund.de
[x] @MRI_Aktuelles

10.25826/20240517-140636-0

Quelle Bilder: Titelseite links © Max Rubner-Institut; rechts @ unsplash.com/sendun