

SONDERDRUCK

aus

4 | 2023

VBio

Verband | Biologie, Biowissenschaften
& Biomedizin in Deutschland

EPIGENETIK

Die Plastizität
von Ameisen

EXKURSION

Lebewesen unter
der UV-Lampe

**LEBENSMITTEL
TECHNOLOGIE**

Pflanzliche
Milchalternativen



BIOLOGIE

IN UNSERER ZEIT

**Leben
mit dem Feuer**





**Pflanzliche
Milchalterna-
tiven auf Hafer-,
Buchweizen-,
Mandel-, Soja-
und Reisbasis.**
Foto: iStock.com/
MurzikNata.

Produktion, Nachhaltigkeit und Akzeptanz

Pflanzliche Milchalternativen

LENA SZCZEPANSKI | GESA OSTERMANN | FLORIAN FIEBELKORN

Die Produktion und der Konsum von Milch tragen in einem erheblichen Maße zu den derzeitigen Umweltproblemen bei. Trotz des global hohen Konsums von Kuhmilch ist die Nachfrage nach pflanzlichen Milchalternativen in den letzten Jahren rasant gestiegen. Stellen pflanzliche Alternativen in diesem Zusammenhang eine potenziell nachhaltige Alternative zur Kuhmilch dar? Der Artikel geht dieser Frage nach und gibt einen Überblick über das Produktionsverfahren von pflanzlichen Milchalternativen, ihre Nachhaltigkeit sowie ihren Nährwerten im Vergleich zur Kuhmilch. Außerdem wird die aktuelle Marktentwicklung von pflanzlichen Milchalternativen auf der Welt, in Europa und in Deutschland näher beleuchtet. Darüber hinaus wird ein Einblick gegeben, wie es um ihre Akzeptanz bei den Konsumenten steht. Zusätzlich erfolgt ein Ausblick auf die aktuellen Entwicklungen im Bereich der Milchalternativen – die Herstellung neuer Milchalternativen durch Präzisionsfermentation.

Die mit einem grünen Pfeil markierten Begriffe werden im Glossar auf Seite 359 erklärt.

Die derzeitigen Umweltprobleme wie der Klimawandel und der Biodiversitätsverlust werden zu erheblichen Teilen durch die Produktion unserer Nahrungsmittel verursacht. Hierbei trägt insbesondere die industrielle Nutztierhaltung zu den derzeitigen Umweltproblemen bei [1, 2, 3S]. Sie ist für 80 Prozent der anthropogenen Treibhausgase des Agrarsektors verantwortlich, die wiederum 9 Prozent der globalen CO₂-Emissionen und 40 Prozent der globalen Methanemissionen ausmachen [3S, 4S]. Weiterhin beansprucht die Haltung der Nutztiere etwa 70 bis 80 Prozent der globalen landwirtschaftlichen Nutzflächen. Diese werden sowohl für die Haltung der Nutztiere auf Grasland und Weiden als auch für den Anbau von Futtermitteln benötigt [1, 2, 5S]. Hinzukommend fällt der Großteil des globalen Wasserverbrauchs auf die Nutztierhaltung zurück [2, 6S].

Trotz der geschilderten Umweltbelastungen ist die Nutztierhaltung – insbesondere die Milchviehhaltung – in Deutschland einer der wichtigsten Produktionszweige der Landwirtschaft. Mit rund 3,9 Millionen Milchkühen und rund 33,2 Millionen Tonnen produzierter Kuhmilch war Deutschland im Jahr 2021 der größte Milcherzeuger in der Europäischen Union [7S–9S]. Während in Deutschland eine rückläufige Tendenz des Pro-Kopf-Konsums von ▶ Konsummilch zu verzeichnen ist und im Jahr 2021 der niedrigste Konsumwert seit 2001 erreicht wurde, verläuft der Trend weltweit in die entgegengesetzte Richtung [10S, 11, 12S–14S, 15]. So haben beispielweise die Menschen in Deutschland im Jahr 2021 durchschnittlich 47,3 Liter Konsummilch pro Kopf konsumiert [11], während welt-

weit der durchschnittliche Konsum im Jahr 2021 bei 113,4 Litern Konsummilch lag [15] (Abbildung 1).

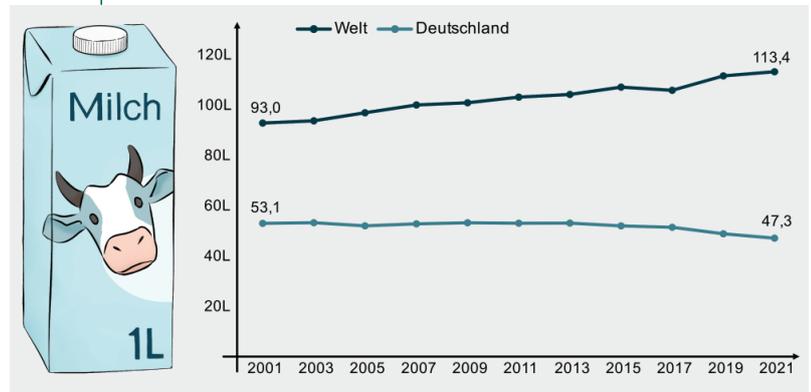
Weltweit ist der Pro-Kopf-Milchkonsum seit Jahren auf einem konstant hohen Niveau und soll nach Prognosen mit dem Anstieg der Weltbevölkerung sowie dem Pro-Kopf-Einkommen weiterhin zunehmen [11, 13S, 14S, 15]. Tritt dieser Fall ein, würden die Umweltauswirkungen der Nutztierhaltung zu einer massiven Überschreitung der planetaren Belastungsgrenzen führen [1, 14S, 16, 17S, 18S]. Es besteht daher die Notwendigkeit einer Umstrukturierung des Agrar- und Ernährungssystems – inklusive unserer Ernährungsgewohnheiten – mit dem Ziel einer nachhaltigeren Produktion unserer Nahrungsmittel. Um diese Umstrukturierung zu erreichen, hat die EAT-Lancet-Kommission die *Planetary Health Diet* als Strategie für Landwirtschaft und Ernährung entwickelt [16, 17S, 19S]. Nach der *Planetary Health Diet* ist unter anderem eine grundlegende Veränderung unserer Ernährungsweise notwendig. Demnach sollte die typischerweise fleisch- und milchproduktreiche Ernährung der westlichen Gesellschaft auf eine überwiegend pflanzliche und auf alternativen, nachhaltigeren Proteinquellen basierende Ernährung umgestellt werden [16, 17S, 19S]. In diesem Zusammenhang stellen pflanzliche Milchalternativen eine potenziell nachhaltigere Alternative zur Kuhmilch dar.

Das Interesse an pflanzlichen Alternativen zur Kuhmilch ist in den vergangenen Jahren – insbesondere in Deutschland – angestiegen. Dies spiegelt sich in Deutschland beispielsweise im sinkenden Pro-Kopf-Milchkonsum [11, 12S] und einem gleichzeitig steigenden Trend zum Konsum pflanzlicher Milchalternativen wider [12S, 15]. So hat sich der Umsatz von pflanzlichen Milchalternativen in Deutschland von 0,17 Milliarden Euro im Jahr 2018 auf 0,35 Milliarden Euro im Jahr 2020 etwa verdoppelt [15]. Auch in Europa und auf globaler Ebene zeichnet sich ein Wachstum des Marktes für pflanzliche Milchalternativen ab [20–22].

Wie sind pflanzliche Milchalternativen definiert?

Pflanzliche Milchalternativen sind Suspensionen aus Wasser und zerkleinerten sowie gelösten Pflanzenmaterialien [23–25]. Man unterscheidet allgemein zwischen pflanzlichen Milchalternativen auf Basis von Getreide, Hülsenfrüchten, Nüssen, Ölsamen und Pseudogetreide [23, 25, 26, 27S, 28] (Abbildung 2). Pflanzliche Milchalternativen wie Hafer-, Soja- oder Mandeldrinks ähneln der Kuhmilch in ihrer Optik, ihren sensorischen Eigenschaften und ihren Verwendungsmöglichkeiten. Allerdings muss beachtet werden, dass die Eigenschaften der Pflanzendrinks vom jeweiligen pflanzlichen Rohstoff und ihrer Verarbeitung abhängen [23–25, 28]. In Europa werden am häufigsten Pflanzendrinks auf Hafer-, Mandel- und Sojabasis konsumiert, gefolgt von Pflanzendrinks auf Kokosnuss- und Reisbasis [1, 29, 30]. Auch in Deutschland wird überwiegend auf Pflanzendrinks auf Haferbasis zurückgegriffen, gefolgt von Mandel-, Soja-, Kokos- und Reindrinks [15] (Abbildung 3).

ABB. 1 | PRO-KOPF-MILCHKONSUM



Dargestellt ist der durchschnittliche Pro-Kopf-Milchkonsum auf der Welt und in Deutschland in den Jahren 2001 bis 2021. Daten adaptiert aus Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) [11] und Statista [15, S. 41].

Wenn pflanzliche Milchalternativen der Kuhmilch in ihrer Optik, ihren sensorischen Eigenschaften und ihren Anwendungsmöglichkeiten ähneln, leitet sich die Frage ab, ob diese auch als „Milch“ bezeichnet werden dürfen.

Rechtliche Rahmenbedingungen zur Nomenklatur von pflanzlichen Milchalternativen

In Europa ist die Verwendung des Begriffs „Milch“ gesetzlich geschützt. Gemäß der Verordnung Nr. 605/2010 der Europäischen Kommission können „[...] Rohmilch und daraus hergestellte Erzeugnisse nur von Kühen, Schafen, Ziegen oder Büffeln gewonnen werden [...]“ [31S, S. 2]. Laut der Verordnung Nr. 1308/2013 des Europäischen Parlaments und des Europäischen Rates darf nur das „[...] durch ein- oder mehrmaliges Melken gewonnene[s] Erzeugnis der normalen Eutersekretion, ohne jeglichen Zusatz oder Entzug [...]“ [32, S. 146] als Milch bezeichnet werden. Demnach dürfen Alternativen auf pflanzlicher Basis in Europa nicht als „Milch“ bezeichnet werden. Die Verordnung gilt für Etiketten, Handelsdokumente, Werbung und Aufmachungen aller Art [32] (siehe dazu auch Kasten „Zukünftige Entwicklung zur Bezeichnung von pflanzlichen Milchalternativen“).

Einen detaillierten Einblick in die Planetary Health Diet erhalten Sie unter <https://www.bzfe.de/nachhaltiger-konsum/lagern-kochen-essen-teilen/planetary-health-diet/>.

IN KÜRZE

- Die **Herstellung** ausgewählter Pflanzendrinks ist im Vergleich mit der Herstellung von Kuhmilch in **vielen Aspekten nachhaltiger**.
- **Pflanzendrinks** weisen basierend auf ihrem jeweiligen Rohstoff **ein einzigartiges Nährstoffprofil** mit einer großen Spannweite an Makro- und Mikronährstoffen auf.
- Die häufigsten **Gründe** für den Konsum von Pflanzendrinks sind: „**Gesundheit**“, „**Nachhaltigkeit**“ und „**Tierschutz**“.
- Pflanzendrinks sind das **am häufigsten verkaufte vegane Alternativprodukt** in Europa.
- Neben tierischer Milch und pflanzlichen Milchalternativen werden **zukünftig auch Milchalternativen auf Basis von Präzisionsfermentation** auf dem Markt verfügbar sein.

ABB. 2 | ROHSTOFFE ZUR HERSTELLUNG VON PFLANZENDRINKS

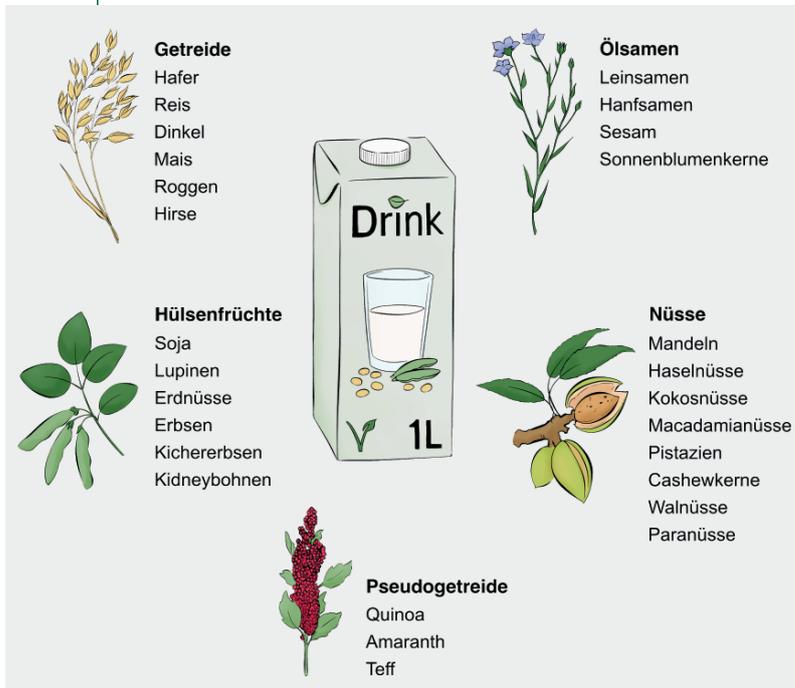
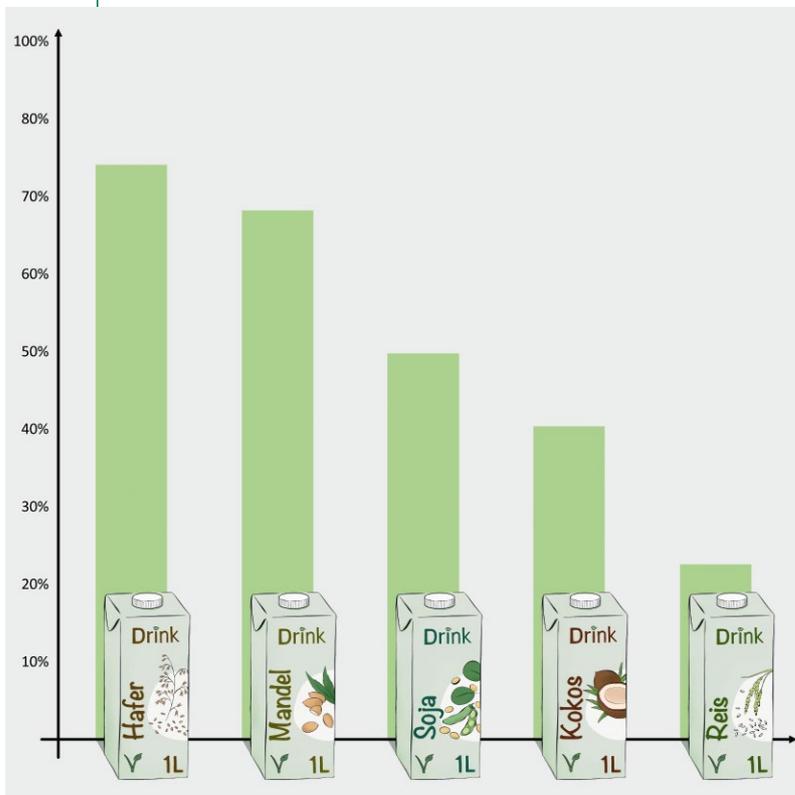


ABB. 3 | BELIEBTHEIT PFLANZLICHER MILCHALTERNATIVEN



Auf welche Milchalternativen greift die deutsche Bevölkerung zurück? Ergebnisse einer Umfrage zu den beliebtesten Milchalternativen in Deutschland im Jahr 2021. Angegeben ist die Verwendung von Hafer-, Mandel-, Soja-, Kokos-, und Reisdrink als Alternative zur Milch. Mehrfachnennungen waren möglich. Daten adaptiert aus Statista [15, S. 13].

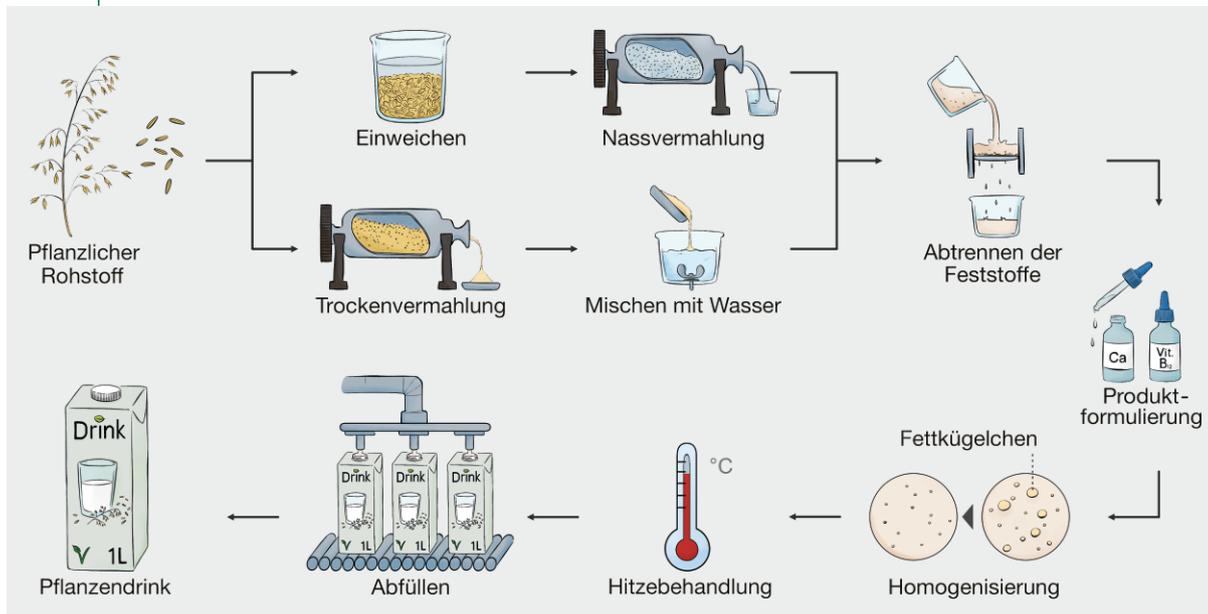
Herstellung von Pflanzendrinks

Die beiden grundlegenden Zutaten von Pflanzendrinks sind der jeweilige pflanzliche Rohstoff und Wasser. Auch wenn sich die Herstellungsverfahren abhängig vom jeweiligen Rohstoff leicht voneinander unterscheiden, ist das Grundprinzip bei allen sehr ähnlich (Abbildung 4). Die sieben Grundschritte vom pflanzlichen Rohstoff bis zum fertigen Pflanzendrink sind: (1) Einweichen oder Trockenvermahlung, (2) Nassvermahlung oder Mischen mit Wasser, (3) Abtrennen von Feststoffen, (4) Produktformulierung, (5) Homogenisierung, (6) Hitzebehandlung, (7) Abfüllen [24, 25].

Pflanzliche Rohstoffe – beispielsweise verschiedene Getreide-, Hülsenfrucht-, Nuss-, Ölsamen- oder Pseudogetreidearten – sind die Grundlage für die Herstellung von Pflanzendrinks. Um die Nährstoffe wie Kohlenhydrate, Proteine und Fette aus dem jeweiligen pflanzlichen Rohstoff zu extrahieren, wird der pflanzliche Rohstoff im ersten Herstellungsschritt in Wasser eingeweicht und anschließend nass vermahlen (Nassverfahren). Alternativ zum Nassverfahren ist es möglich, den pflanzlichen Rohstoff trocken zu vermahlen und das so entstandene Mehl für die Extraktion der pflanzlichen Bestandteile mit Wasser zu mischen (Trockenverfahren). Es entsteht eine Suspension aus Wasser und dem Mehl des pflanzlichen Rohstoffs, die nachfolgend weiterverarbeitet wird. So werden im nächsten Herstellungsschritt die groben pflanzlichen Feststoffe durch Filtrieren, Dekantieren oder Zentrifugieren von der entstandenen Suspension abgetrennt. Der Suspension aus Wasser und Pflanzenextrakten können im nächsten Herstellungsschritt zur Formulierung des Produktes weitere Zutaten zugefügt werden. Dabei handelt es sich um Zutaten wie Öle, Salz, Zucker bzw. Süßstoffe, Aromen oder Farbstoffe, die zu einer Verbesserung der Konsistenz und/oder des Geschmacks beitragen sollen. Um die Konsistenz und Stabilität des Pflanzendrinks zu optimieren, können außerdem Emulgatoren und Stabilisatoren hinzugefügt werden. Da die Nährwerte von pflanzlichen Milchalternativen nicht äquivalent zu denen der Kuhmilch sind, reichern einige Hersteller ihre Pflanzendrinks zudem mit Mikronährstoffen wie Mineralstoffen oder Vitaminen an.

Um aus dem Gemisch aus Wasser, Pflanzenextrakten und weiteren Zutaten eine homogene und stabile Emulsion herzustellen, folgt im nächsten Herstellungsschritt die Homogenisierung. Dabei werden vorhandene wasserunlösliche Partikel wie Stärke, Fasern und andere Zellmaterialien sowie Lipidtröpfchen unter hohem Druck aufgebrochen, wodurch ihre Partikelgröße verringert und deren Verteilung erhöht wird. Nach der Homogenisierung wird der Pflanzendrink einer Hitzebehandlung unterzogen. Als Hitzebehandlungsverfahren wird das ► Pasteurisieren oder eine ► Ultrahochtemperatur-Behandlung (engl. *ultra-high-temperature processing*, *UHT processing*) angewandt. Beide Verfahren tragen zur Konservierung und somit zur Verlängerung der Haltbarkeit des Pflanzendrinks bei, indem die Anzahl an Mikroorganismen in der Suspen-

ABB. 4 | SCHEMATISCHE ÜBERSICHT DER HERSTELLUNG VON PFLANZENDRINKS



Durch die Hitzebehandlung im Herstellungsprozess kann es zu Nährstoffverlusten kommen. Deswegen kommt es oftmals erst nach der Hitzebehandlung zur Supplementierung der Pflanzendrinks mit zusätzlichen Nährstoffen wie Vitaminen [24, 25].

sion reduziert und Enzyme inaktiviert werden. Hierbei gilt zu beachten, dass eine erhöhte Temperatur im Rahmen der Hitzebehandlung zur Denaturierung der Proteinstrukturen und damit zur Beeinträchtigung der Stabilität führen kann. Außerdem kann es durch die Hitzebehandlung zu Veränderungen im Geschmack und in der Optik des Pflanzendrinks kommen. Nach der Hitzebehandlung werden die Pflanzendrinks für den Vertrieb oder die Lagerung abgefüllt und verpackt. Pflanzendrinks werden üblicherweise in Kartonsystemen (Mehrschichtkartons, z. B. Tetra Pak®) oder Kunststoffflaschen verpackt [24, 25].

Nachhaltigkeitsvergleich von Pflanzendrinks und Kuhmilch

Um zu beurteilen, inwieweit die Herstellung von Pflanzendrinks nachhaltiger als die Herstellung von Kuhmilch ist, können verschiedene Nachhaltigkeitsindikatoren betrachtet werden [34]. Diesbezüglich werden häufig Treibhausgasemissionen, Flächenverbrauch, Wasserverbrauch, Energieverbrauch, Eutrophierungs-, Versauerungs- und photochemisches Ozonabbaupotenzial betrachtet [35]. Für Pflanzendrinks liegen im Vergleich zur Kuhmilch bislang nur wenige Daten zu den eben genannten Nachhaltigkeitsindikatoren vor [1, 34]. Außerdem sollte berücksichtigt werden, dass die Angaben zu den ausgewählten Nachhaltigkeitsindikatoren in Abhängigkeit vom Herstellungsverfahren sowie der Pflanzendrink- und Milchsorte stark schwanken können. Nachfolgend werden zur Beurteilung der Nachhaltigkeit die Indikatoren Treibhausgasemissionen, Flächenverbrauch und Wasserverbrauch für die Herstellung von Pflanzendrinks und Kuhmilch betrachtet. Spezifischer wird die Herstellung der drei in Europa und Deutschland am häufigsten konsumierten Pflanzendrinks Soja-, Mandel- und Haferdrink mit der Herstellung von

Kuhmilch verglichen [1, 2, 15, 29, 30] (Abbildung 5, Tabelle 1). Wenn nicht anders angegeben, wird sich zum einen auf die umfassende ► Lebenszyklusanalyse (engl. *life cycle assessment*, LCA) von Poore und Nemecek [2] und zum anderen auf die derzeit aktuellste Lebenszyklusanalyse von Geburt et al. [1] bezogen.

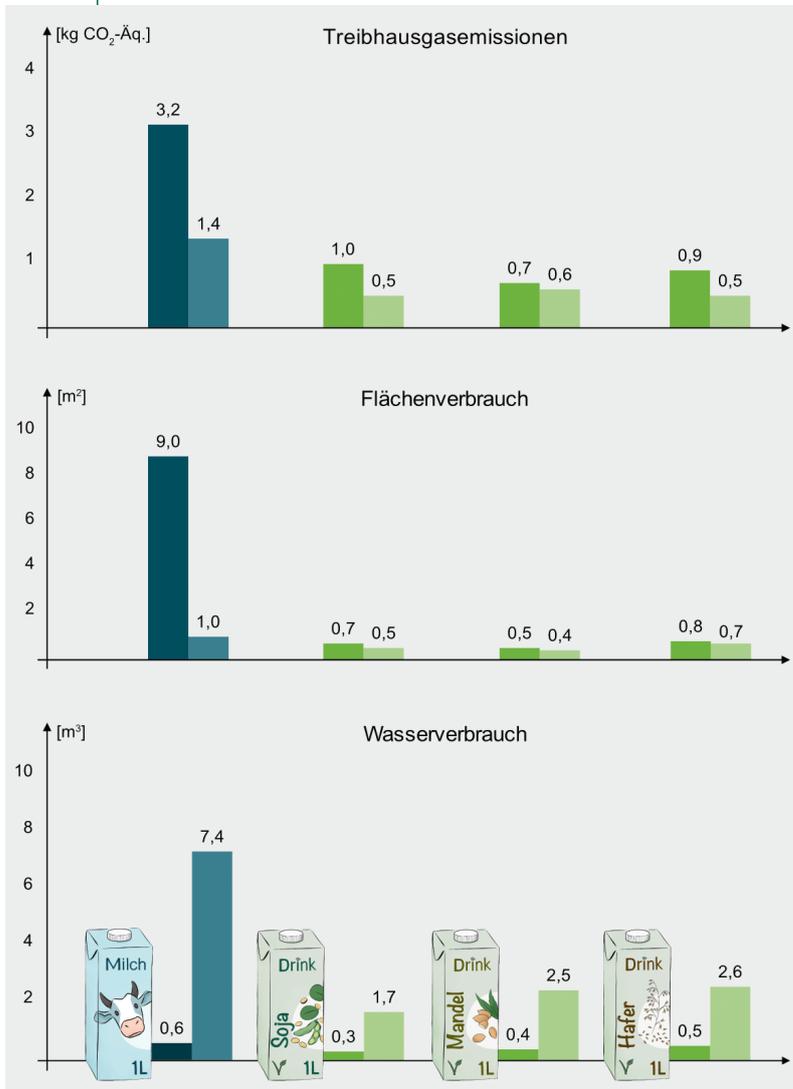
Bei der Herstellung von Kuhmilch wird verglichen mit der Herstellung eines Soja-, Mandel- und Haferdrinks etwa die dreifache Menge an Treibhausgasen emittiert [1, 2]. Dieser Unterschied ist vor allem auf die hohen Methanemissionen aus der Darmgärung der Wiederkäuer zurückzuführen [1]. Unter den Pflanzendrinks schwanken die Werte für die Treibhausgasemissionen in Abhängigkeit von der Lebenszyklusanalyse [1, 2]. Während bei Geburt et al. [1] die Herstellung eines Mandeldrinks verglichen mit der Herstellung eines Hafer- und Sojadrinks die höchsten Emissionen aufweist, gilt dies bei Poore und Nemecek [2] für die Herstellung eines Sojadrinks (Abbildung 5, Tabelle 1). Die schwankenden Werte für die Treibhausgas-

Auch wenn unter dem Begriff „Herstellung“ streng genommen ausschließlich die technologischen Verarbeitungsschritte verstanden werden, beziehen wir uns im Text und den Abbildungen auch auf die landwirtschaftliche Produktion der Rohstoffe sowie die Tierhaltung.

KASTEN: ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG ZUR BEZEICHNUNG VON PFLANZLICHEN MILCHALTERNATIVEN

Weil die Gesetzeslage in Europa vorschreibt, dass pflanzliche Milchalternativen nicht als „Milch“ bezeichnet werden dürfen, werden diese im deutschen Einzelhandel oft unter der Nennung der Rohstoffbasis und dem Zusatz „Drink“ bzw. „Getränk“ vermarktet, also z. B. „Mandeldrink“ oder „Mandelgetränk“ [28]. Im Gegensatz zu Europa ist in Nordamerika die Verwendung des Begriffs „Milch“ für Pflanzendrinks weniger umstritten, so z. B. auch in den Vereinigten Staaten von Amerika. Dort werden Pflanzendrinks wie Soja- oder Mandeldrinks weiterhin als „Milch“, also Mandel- oder Sojamilch, bezeichnet. Derzeit prüft die Food and Drug Administration (FDA), ob Hersteller den Begriff „Milch“ für pflanzliche Milchalternativen verwenden dürfen. Im Laufe des Jahres 2023 wird die Veröffentlichung von Leitlinien zur Kennzeichnung von pflanzlichen Milchalternativen erwartet [28, 335].

ABB. 5 | NACHHALTIGKEIT VON KUHMITCH UND PFLANZENDRINKS



Gezeigt sind ausgewählte Nachhaltigkeitsindikatoren für die Herstellung von Kuhmilch und Pflanzendrinks (Soja-, Mandel- sowie Haferdrink).

Daten adaptiert aus Geburt et al. [1] für je 1 Liter Kuhmilch, Soja-, Mandel- und Haferdrink (hellblaue bzw. -grüne Balken) und Poore und Nemecek [2] für je 1 Liter Kuhmilch, Soja-, Mandel- und Haferdrink (dunkelblaue bzw. -grüne Balken).

Anmerkungen zu den Daten von Geburt et al. [1]: Die Daten beziehen sich auf die Herstellung von je 1 Liter Kuhmilch, Soja-, Mandel- und Haferdrink. Die Daten für die Kuhmilch beziehen sich auf Kuhmilch hergestellt in der Schweiz mit 3,5% Fett- und 3,3% Proteingehalt. Geburt et al. [1] geben in ihrer LCA-Analyse sowohl Werte für Bio-Sojadrinks als auch für konventionelle Sojadrinks an (siehe Tab. 1). In dieser Abbildung wird sich für eine bessere Übersichtlichkeit nur auf den konventionellen Sojadrink bezogen. Die Daten für den konventionellen Sojadrink (konv.) beziehen sich auf Sojadrinks hergestellt in Brasilien, den USA und der Schweiz mit einem Anteil von 12,5% Soja. Die Daten für den Mandeldrink beziehen sich auf einen Mandeldrink hergestellt in den USA mit einem Anteil von 13,1% Mandeln. Die Daten für den Haferdrink beziehen sich auf einen Haferdrink hergestellt in der Schweiz mit einem Anteil von 12,4% Hafer.

Anmerkungen zu den Daten aus [2]: Die Angaben zur Kuhmilch beziehen sich auf 1 Liter pasteurisierte Milch mit 4% Fett- und 3,3% Proteingehalt. Die Angaben zum Sojadrink beziehen sich auf 1 Liter Sojadrink mit ca. 3,3% Proteingehalt. Zum Proteingehalt im Mandel- und Haferdrink sind keine Angaben vorhanden.

emissionen bei der Herstellung eines Soja-, Mandel- und Haferdrinks lassen sich durch die verschiedenen Anbaumethoden der entsprechenden Rohstoffe erklären. Außerdem spielt die Verpackung der pflanzlichen Milchalternativen eine große Rolle, da rund 25 Prozent der Treibhausgasemissionen auf die Verpackung zurückzufallen. Weitere 9 Prozent sind auf den Transport zurückzuführen [1].

Betrachtet man den Indikator Flächenverbrauch, benötigt die Herstellung von Kuhmilch deutlich mehr Fläche im Vergleich zur Herstellung eines Soja-, Mandel- und Haferdrinks [1, 2]. Dieser Unterschied ist bedingt durch den Anbau von Futtermittel und die Aufzucht von Kälbern bei der Produktion von Kuhmilch [1]. Unter den Pflanzendrinks wird für die Herstellung eines Haferdrinks die meiste Fläche benötigt, für die Herstellung eines Mandeldrinks dagegen die geringste [1, 2]. Die Herstellung eines Mandeldrinks benötigt vermutlich deshalb am wenigsten Fläche, weil durch die Mandelbäume der vertikale Raum über derselben Fläche besser genutzt werden kann [1].

Auch bei dem Indikator Wasserverbrauch lässt sich zusammenfassen, dass die Herstellung von Kuhmilch mehr Wasser benötigt als die Herstellung eines Soja-, Mandel- und Haferdrinks [1, 2]. Die neuste Lebenszyklusanalyse zeigt, dass die Herstellung von Kuhmilch verglichen mit der Herstellung eines Soja-, Mandel- oder Haferdrinks die drei- bis vierfache Menge an Wasser benötigt [1]. Unter den Pflanzendrinks verbraucht die Herstellung eines Haferdrinks am meisten Wasser, gefolgt von der Herstellung eines Mandel- und Sojadrinks [1, 2].

Nährstoffvergleich von Pflanzendrinks und Kuhmilch

Bei der Beurteilung der Nachhaltigkeit von Pflanzendrinks werden weitere Faktoren wie die Nährstoffzusammensetzung berücksichtigt, um die Gesundheit von Pflanzendrinks im Vergleich zu Kuhmilch zu bewerten. Pflanzendrinks haben in Abhängigkeit vom Rohstoff sowie der Herstellungsmethode ein sehr spezifisches Nährstoffprofil, wodurch die Makro- und Mikronährstoffe der Pflanzendrinks stark variieren können. Im Vergleich zu Kuhmilch liegen für die Nährstoffzusammensetzung von Pflanzendrinks zudem weniger Informationen vor. Auf der Grundlage bestehender Daten wird nachfolgend der Energiegehalt und der Gehalt ausgewählter Makro- sowie Mikronährstoffe der drei in Europa und Deutschland am häufigsten konsumierten Pflanzendrinks (Soja-, Mandel- und Haferdrink) mit denen von Kuhmilch verglichen [1, 15, 28–30, 36] (Tabelle 2 und 3).

Während der Energiegehalt von Kuhmilch im Durchschnitt höher als der eines Soja-, Mandel- und Haferdrinks ist, lassen sich unter den Pflanzendrinks nur geringfügige Unterschiede feststellen. Lediglich bei dem Mandeldrink ist das Spektrum zwischen dem Minimal- und Maximalwert für den Energiegehalt größer, so dass der Mandeldrink den niedrigsten bzw. höchsten Energiegehalt unter den Pflanzendrinks aufweisen kann [1, 29, 36]. Beim Ver-

TAB 1. VERGLEICH AUSGEWÄHLTER NACHHALTIGKEITSINDIKATOREN FÜR DIE HERSTELLUNG VON KUHMLICH UND PFLANZENDRINKS

Flüssigkeit	Treibhausgasemissionen [kg CO ₂ -Äquivalent pro L Flüssigkeit]	Flächenverbrauch [m ² pro L Flüssigkeit]	Wasserverbrauch [m ³ pro L Flüssigkeit]
Kuhmilch ¹	3,2	9,0	0,6
Sojadrink ¹	1,0	0,7	0,3
Mandeldrink ¹	0,7	0,5	0,4
Haferdrink ¹	0,9	0,8	0,5
Kuhmilch ²	1,4	1,0	7,4
Sojadrink (konv.) ²	0,5	0,5	1,7
Sojadrink (bio.) ²	0,4	0,6	2,2
Mandeldrink ²	0,6	0,4	2,5
Haferdrink ²	0,5	0,7	2,6

¹ Daten adaptiert aus Poore & Nemecek [2, Zusatzmaterial]. Die Daten beziehen sich auf die Herstellung von je 1 Liter [L] Kuhmilch, Soja-, Mandel- und Haferdrink. Die Angaben zur Kuhmilch beziehen sich auf 1 Liter pasteurisierte Milch mit 4 % Fett- und 3,3 % Proteingehalt. Die Angaben zum Sojadrink beziehen sich auf 1 Liter Sojadrink mit ca. 3,3 % Proteingehalt. Zum Proteingehalt im Mandel- und Haferdrink sind keine Angaben vorhanden.

² Daten adaptiert aus Geburt et al. [1, S. 6]. Die Daten beziehen sich auf die Herstellung von je 1 Liter Kuhmilch, Soja-, Mandel- und Haferdrink. Die Daten für die Kuhmilch beziehen sich auf Kuhmilch hergestellt in der Schweiz mit 3,5 % Fett- und 3,3 % Proteingehalt. Die Daten für den konventionellen Sojadrink (konv.) beziehen sich auf Sojadrinks hergestellt in Brasilien, den USA und der Schweiz mit einem Anteil von 12,5 % Soja. Die Daten für den Bio-Sojadrink (bio.) beziehen sich auf einen Sojadrink hergestellt in der Schweiz mit einem Anteil von 12,5 % Soja. Die Daten für den Mandeldrink beziehen sich auf einen Mandeldrink hergestellt in den USA mit einem Anteil von 13,1 % Mandeln. Die Daten für den Haferdrink beziehen sich auf einen Haferdrink hergestellt in der Schweiz mit einem Anteil von 12,4 % Hafer.

gleich des Fettgehalts eines Soja-, Mandel- und Haferdrinks mit dem der Kuhmilch wird deutlich, dass die Minimalwerte für den Fettgehalt weitestgehend übereinstimmen; bezüglich der Maximalwerte gibt es teils große Unterschiede. Demnach kann der Fettgehalt von Kuhmilch etwa das Vierfache von dem eines Haferdrinks und das Doppelte von dem eines Soja- oder Mandeldrinks betragen. Darüber hinaus ist der Anteil an gesättigten Fettsäuren in der Kuhmilch höher als in einem Soja-, Mandel- und Haferdrink. Vergleicht man den Fettgehalt eines Soja-, Mandel- und Haferdrinks, so stimmt der Fettgehalt eines Sojadrinks weitestgehend mit dem eines Mandeldrinks überein, während ein Haferdrink den geringsten Fettgehalt aufweist [1, 29, 36].

Während der Kohlenhydratgehalt von Kuhmilch ähnlich zu dem eines Soja- und Mandeldrinks ist, ist der Kohlenhydratgehalt eines Haferdrinks am höchsten [28, 29, 36]. Die Kuhmilch enthält im Gegensatz zu den Pflanzendrinks den natürlichen Milchzucker Laktose [28, 29, 36]. Die Kohlenhydrate eines Soja-, Mandel- und Haferdrinks werden während des Herstellungsprozesses aus dem jeweiligen Rohstoff freigesetzt [29]. Es ist außerdem möglich, Zucker im Rahmen der Produktformulierung hinzuzufügen [25, 29]. Der Proteingehalt von Kuhmilch ist verglichen mit dem Proteingehalt eines Mandel- und Haferdrinks höher. Lediglich ein Sojadrink kann einen äquivalenten Proteingehalt zur Kuhmilch aufweisen [28, 29, 36]. Bei der ernährungsphysiologischen Charakterisierung von Proteinquellen, die beispielsweise wirksam in diätetischen Maßnahmen zur Förderung des Muskelwachstums oder zur Verhinderung von Muskelverlust eingesetzt werden könnten, ist es sinnvoll, den Gehalt an essenziellen Amino-

säuren der Nahrungsproteinquelle zu berücksichtigen. Im Allgemeinen ist der Gehalt an Lysin und Methionin bei pflanzlichen Proteinen, so zum Beispiel auch bei Hafer- und Sojaproteinisolaten, im Vergleich zu Kuhmilch niedriger. Dennoch weisen bestimmte pflanzliche Proteine, wie beispielsweise Sojaprotein, einen relativ hohen Gehalt an essenziellen Aminosäuren auf, der den Empfehlungen nationaler und weltweiter Ernährungsrichtlinien entspricht [378]. So können Kombinationen verschiedener pflanzlicher Proteinquellen Proteineigenschaften liefern, die den typischen Merkmalen von tierischen Proteinquellen sehr nahe kommen [378]. Bei einem Vergleich des Gehalts von Ballaststoffen fällt auf, dass die Kuhmilch im Gegensatz zu einem Soja-, Mandel- und Haferdrink keine Ballaststoffe enthält. Unter den Pflanzendrinks enthalten ein Mandel- und Haferdrink den höchsten Anteil an Ballaststoffen. Hierbei sollte jedoch die Spannweite des Minimal- und Maximalwerts der Ballaststoffe eines Mandeldrinks beachtet werden. Demnach kann ein Mandeldrink sowohl den geringsten als auch den höchsten Anteil an Ballaststoffen enthalten [28, 29, 36].

In der aktuellen Literatur sind derzeit nur wenige Angaben zu den Mikronährstoffen von pflanzlichen Milchalternativen vorhanden. Während Kuhmilch einen höheren Calcium- und Natriumgehalt als ein Soja-, Mandel- und Haferdrink aufweist [36], verhält es sich beim Eisengehalt genau andersherum. Soja-, Mandel- und Haferdrinks weisen einen höheren Eisengehalt als Kuhmilch auf [36]. Beim Vergleich der Mikronährstoffe Kalium und Phosphor lassen sich keine eindeutigen Aussagen treffen, da sich die Werte unter den Pflanzendrinks stark unterscheiden. Der Haferdrink weist im Vergleich zum Soja- und Mandeldrink

Eine ausführliche Übersicht über die Makro- und Mikronährstoffe können Sie unter <https://myshare.uni-osnabrueck.de/f/2b60bd3a1fe745c1aa61/> und zum Download unter www.biuz.de. Suchen Sie einfach den entsprechenden Artikel und laden Sie das dort hinterlegte PDF herunter.

TAB 2. VERGLEICH DES ENERGIEGEGHALTES UND AUSGEWÄHLTER MAKRONÄHRSTOFFE VON KUHMLICH UND PFLANZENDRINKS

Flüssigkeit	Energie [kJ/100g]	Fett [g/100g]	gesättigte Fettsäuren [g/100g]	Kohlenhydrate [g/100g]	Protein [g/100g]	Ballaststoffe [g/100g]
Kuhmilch ^{1,2,3}	197,0–493,7 ⁴	1,6–6,4	1,0–1,4	3,2–5,4	2,9–6,0	0
Sojadrink ^{1,2,3}	176,1–219,7	1,7–4,3	0,3–0,4	2,5–4,9	3,2–3,9	0,6–0,8
Mandeldrink ^{1,2,3}	100,4–233,9	1,4–3,6	0,1–0,3	2,3–4,7	0,6–2,5	0,3–1,4
Haferdrink ^{2,3}	195,0–216,3	1,3–1,4	0,2	7,5–7,9	0,8–1,2	1,3

¹ Daten adaptiert aus Paul et al. [36, S. 3].

² Daten adaptiert aus Pointke et al. [28, S. 4].

³ Daten adaptiert aus Singh-Povel et al. [29, S. 1420].

⁴ Die angegebenen Zahlenwerte stellen den Minimal- und Maximalwert für den Energiegehalt bzw. ausgewählter Makronährstoffe dar.

Anmerkungen: Die Nährstoffangaben zum Haferdrink bei Paul et al. [36] beziehen sich auf frischen Haferdrink und werden deswegen bei der Analyse der Makronährstoffe nicht hinzugezogen. Zur Art des Soja- und Mandeldrinks sowie der Kuhmilch sind bei Paul et al. [36] keine Angaben vorhanden. Dasselbe gilt für Angaben zum Zuckergehalt der Pflanzendrinks und Kuhmilch. In der Studie von Singh-Povel et al. [29] gibt es keine Angaben zum Ballaststoffgehalt von Soja-, Hafer- und Mandeldrink sowie Kuhmilch.

TAB 3. VERGLEICH AUSGEWÄHLTER MIKRONÄHRSTOFFE VON KUHMLICH UND PFLANZENDRINKS

Flüssigkeit	Calcium [mg/100g]	Eisen [mg/100g]	Kalium [mg/100g]	Natrium [mg/100g]	Phosphor [mg/100g]
Kuhmilch ¹	122,0–134,0	0,1	152,0–181,0	41,0–58,0	119,0–121,0
Sojadrink ¹	4,0–5,4	0,5–0,7	141,0–215,0	2,2–12,0	49,0–62,6
Mandeldrink ¹	13,1–13,2	1,4–1,5	65,0	6,4–6,6	75,0–75,3
Haferdrink ¹	84,3–85,6	6,4–7,4	669,2–671,6	3,1–3,2	672,3–816,3

¹ Daten adaptiert aus Paul et al. [36, S. 43]. Die Nährstoffangaben zum Haferdrink bei Paul et al. [36] beziehen sich auf frischen Haferdrink, zum Soja- und Mandeldrink sowie zur Kuhmilch sind diesbezüglich keine Angaben vorhanden.

sowie der Kuhmilch den höchsten Kalium- und Phosphorgehalt auf. Im Gegensatz dazu weist ein Mandeldrink den geringsten Kalium- und ein Sojadrink den geringsten Phosphorgehalt auf [36].

In der aktuellen Literatur fehlen weitere Angaben zu den in Pflanzendrinks enthaltenen Vitaminen wie Vitamin B₂, B₁₂, A und D und weiteren Mineralstoffen wie Jod, Zink oder Magnesium, die für Kuhmilch charakteristisch sind. Es wird jedoch ersichtlich, dass pflanzliche Milchalternativen im Vergleich zu Kuhmilch nicht das exakte Nährstoffprofil aufweisen. Ferner kann im Herstellungsprozess der Mikronährstoffgehalt der Pflanzendrinks beeinflusst werden. So können beispielsweise wasserlösliche Vitamine beim Einweichen des Rohstoffes zerstört werden. Bei der Abtrennung der Feststoffe kann es außerdem zu einem Mineralstoffverlust kommen. Während der Hitzebehandlung können neben Proteinen auch hitzeempfindliche Vitamine zerstört werden [25, 29]. Aus diesen Gründen werden Pflanzendrinks oftmals mit Calcium oder den Vitaminen A, B₂, B₁₂, D und E angereichert [25, 38] (siehe hierzu auch die Kästen „Anreicherung von Pflanzendrinks mit Nährstoffen“ und „Exkurs – Darf man Pflanzendrinks überhaupt mit Kuhmilch vergleichen?“).

Entwicklung des Pflanzendrink-Marktes

Einer der weltweit am häufigsten konsumierten Pflanzendrinks ist der Sojadrink [24, 25]. Sojadrinks wurden traditionell bereits vor 2000 Jahren in China verwendet, um die Bevölkerung bei mangelnder Milchversorgung trotz-

dem mit „Milch“ versorgen zu können [25]. Der erste kommerziell erfolgreiche Sojadrink wurde 1940 in Asien auf den Markt gebracht. Nachdem Technologien für die industrielle Herstellung von mild aromatisierten Sojadrinks entwickelt wurden, wuchs der Markt in Asien in den 1970er und frühen 1980er Jahren rasch an. In Europa wurde die Nachfrage nach Sojadrinks als pflanzliche Milchalternative von Verbrauchern mit Milchunverträglichkeiten vorangetrieben. Auch in Nordamerika expandierte der Markt in den 1990er und 2000er Jahren als Teil eines Gesundheitstrends, unter anderem weil Soja im Jahr 1999 von der *United States Food and Drug Administration* (FDA) eine positive Wirkung auf die Senkung des Risikos für koronare Herzerkrankungen zugesprochen wurde. Sojaprodukte haben sowohl global als auch in Europa nach wie vor einen großen Anteil auf dem Pflanzendrink-Markt; mittlerweile nehmen hier aber auch die alternativen Produkte aus anderen pflanzlichen Rohstoffen wie Hafer, Mandel, Kokos oder Reis einen hohen Stellenwert ein [24].

Im Jahr 2021 lag der globale Umsatz mit Pflanzendrinks bei 23,2 Milliarden US-Dollar, während dieser für das Jahr 2022 bereits auf 27,3 Milliarden US-Dollar geschätzt wurde [20, 21]. Auch in Europa ist der Umsatz mit Pflanzendrinks in den letzten vier Jahren gestiegen: Während der Umsatz im Jahr 2018 noch bei 1,8 Milliarden Euro lag, betrug dieser im Jahr 2021 2,34 Milliarden Euro [22]. Der Trend, der sowohl global als auch in Europa zu verzeichnen ist, lässt sich ebenfalls in Deutschland fest-

Für weitere Informationen können Sie das Faktenblatt „Milch im Vergleich zu Pflanzendrinks“ des Europäischen Milchindustrieverbandes unter https://milchindustrie.de/wp-content/uploads/2021/06/2021-05-21_EDA_QA_Milk-vs-plant-based-beverages_AR_v2DE.pdf herunterladen.

stellen. So hat sich der Umsatz von 2018 bis 2020 mehr als verdoppelt [15] (Abbildung 6).

Laut Prognosen wird der globale Pflanzendrink-Markt von 2022 bis 2027 voraussichtlich mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 10,4 Prozent weiter ansteigen, so dass der Umsatz mit Pflanzendrinks bis 2027 einen Wert von 44,8 Milliarden US-Dollar erreichen wird [21]. Für den europäischen Pflanzendrink-Markt wird ein Wachstum mit einer jährlichen Wachstumsrate von 10 Prozent prognostiziert. So wird für das Jahr 2025 der Umsatz mit Pflanzendrinks auf 5,0 Milliarden Euro geschätzt [39S].

Gründe für den Konsum von Pflanzendrinks

Global betrachtet sind die Gründe für den Konsum von Pflanzendrinks vielfältig (Abbildung 7). Zum einen gibt es individuelle Gründe wie beispielsweise eine Veränderung des Lebensstils durch die Umstellung auf eine vegane Ernährungsweise [23–25, 28, 30]. Weitere individuelle Gründe für den Konsum von Pflanzendrinks sind gesundheitliche Gründe wie eine Laktoseintoleranz oder Kuhmilchallergie und der Geschmack von Pflanzendrinks [15, 24, 25, 28, 30, 40S]. Zum anderen gibt es gesellschaftliche Gründe wie den Nachhaltigkeits- oder Tierschutzaspekt, die für die Konsumierenden entscheidend sind [15, 28, 41S].

Europäer konsumieren Pflanzendrinks vor allem aus gesundheitlichen Gründen gefolgt von Aspekten des Umwelt- und Klimaschutzes sowie des Tierschutzes [30]. In Deutschland liegen die Gründe zum Konsum von Pflanzendrinks vor allem im Tierschutz, gefolgt vom Umwelt- und Klimaschutz sowie Unverträglichkeiten [15]. Neben all den Gründen, die aus Sicht der Konsumenten für den Konsum von Pflanzendrinks sprechen, spricht sich der Europäische Milchindustrieverband (EDA) indes eher gegen den Konsum von pflanzlichen Milchalternativen als Totalersatz für Kuhmilch aus. Dabei wird sich besonders auf den Unterschied der Nährwerte von Kuhmilch und Pflanzendrinks berufen und angeführt, dass es auf dem europäischen Markt derzeit keinen Pflanzendrink gebe, der sämtliche Nährstoffe, die Milch von Natur aus bietet, liefern kann [42S].

Akzeptanz von Pflanzendrinks

Pflanzendrinks sind nach einer Umfrage als Alternative zu konventionellen, tierischen Lebensmitteln das am häufigsten verkaufte vegane Alternativprodukt in Europa [15, 38]. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem Ergebnis einer Jugendumfrage in Deutschland: Auch hier handelt es sich bei Pflanzendrinks um das am häufigsten gekaufte vegane Alternativprodukt [43S]. Die Entscheidung der Verbraucher zum Kauf eines Pflanzendrinks wird von unterschiedlichen Faktoren wie dem Hersteller, der Qualität und der Produktzusammensetzung des Pflanzendrinks beeinflusst. Den größten Einfluss auf die Kaufentscheidung haben jedoch der Geschmack und der Preis eines Pflanzendrinks

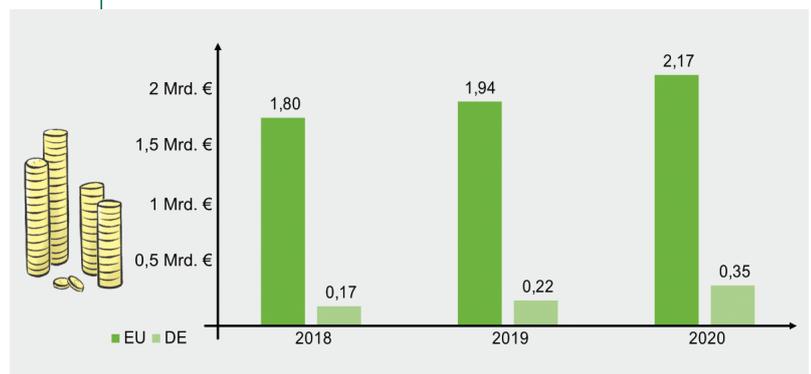
ANREICHERUNG VON PFLANZENDRINKS MIT NÄHRSTOFFEN

Damit Pflanzendrinks eine geeignete Alternative zur Kuhmilch darstellen können, supplementieren viele Hersteller ihre Pflanzendrinks mit zusätzlichen Nährstoffen. In erster Linie werden Pflanzendrinks mit Calcium angereichert, da Kuhmilch als eine wichtige Calciumquelle gilt. Weiterhin werden Pflanzendrinks die Vitamine A, B₂, B₁₂, D und E sowie Zink, Folsäure, Thiamin, Niacin, Magnesium und Kalium hinzugefügt [25]. Um die sensorischen Eigenschaften – insbesondere den Geschmack – zu verbessern, können den Pflanzendrinks außerdem Salz, Zucker, Sirup, Aromastoffe, Vanilleessenz, Kakao und Apfelsaftkonzentrat zugesetzt werden [27S]. Es gilt jedoch zu beachten, dass sich die Bioverfügbarkeit der Nährstoffe in Pflanzendrinks und in Kuhmilch unterscheidet [25, 29]. Außerdem können sich die Ergebnisse der LCAs von angereicherten und nicht angereicherten Pflanzendrinks unterscheiden, da eine Anreicherung mit zusätzlichen Umweltauswirkungen verbunden ist. Geburt et al. [1] schätzen die Auswirkungen der Nährstoffanreicherung von Pflanzendrinks auf ihre Nachhaltigkeit jedoch als eher gering ein [1].

EXKURS – DARF MAN PFLANZENDRINKS ÜBERHAUPT MIT KUHMITCH VERGLEICHEN?

Die Studien von Pointke et al. [28] und Singh-Povel et al. [29] haben herausgefunden, dass Pflanzendrinks die ernährungsphysiologischen und sensorischen Eigenschaften von Kuhmilch nicht vollständig ersetzen können und sprechen sich dafür aus, Pflanzendrinks als eigene Produktgruppe anzusehen, die entsprechend auch als solche bewertet werden muss [28, 29]. Singh-Povel et al. [29] betonen die Wichtigkeit der Berücksichtigung dieser ernährungsphysiologischen Unterschiede in den einzelnen Ernährungsempfehlungen, besonders mit Blick auf vulnerable Gruppen wie Kinder und ältere Menschen. Eine Ausnahme bilden jedoch Pflanzendrinks, die mit Nährstoffen angereichert sind und damit ernährungsphysiologisch äquivalenter zur Kuhmilch werden. Wird der Konsum von Kuhmilch durch mit Nährstoffen angereicherte Pflanzendrinks ersetzt, kann eine ausreichende Versorgung mit Mikronährstoffen gewährleistet werden [28, 29].

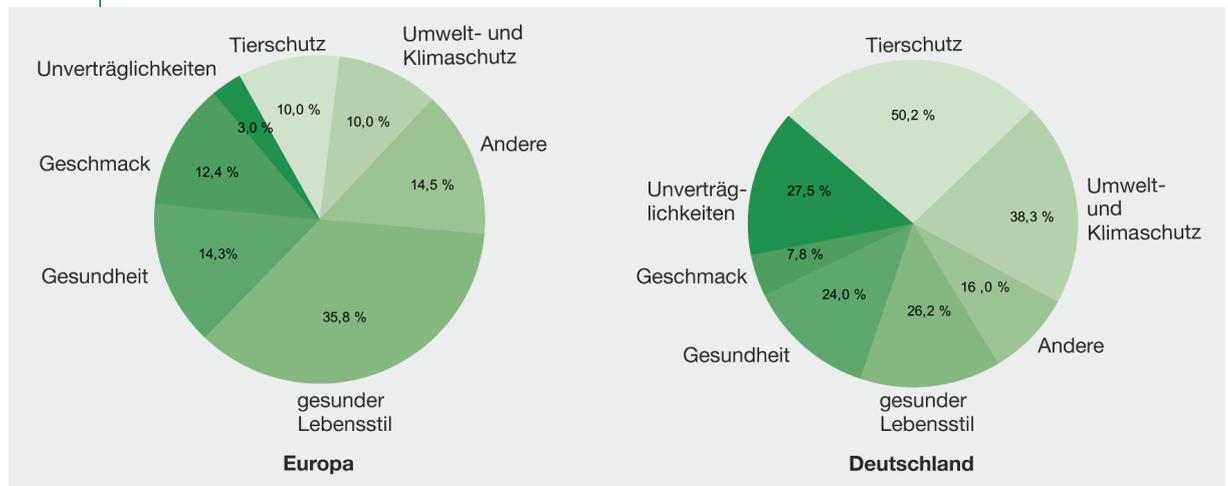
ABB. 6 | UMSATZ MIT PFLANZENBASIERTEN MILCHALTERNATIVEN



Dargestellt sind Umsätze in der Europäischen Union (EU) und Deutschland (DE) von 2018 bis 2020 in Milliarden € [Mrd. €]. Daten adaptiert aus Statista [15, S. 2] und Weiss [22].

[25, 30]. Das Kriterium des Geschmacks fällt zusammen mit dem Mundgefühl unter die sensorischen Eigenschaften von pflanzlichen Milchalternativen, die die Akzeptanz der Konsumenten maßgeblich beeinflussen. So weisen beispielsweise Pflanzendrinks auf Hülsenfruchtbasis oft einen bohnligen, erdigen oder malzigen Nebengeschmack

ABB. 7 | GRÜNDE FÜR DEN KONSUM VON PFLANZENBASIERTEN MILCHALTERNATIVEN



Daten adaptiert aus Pritulska et al. [30, S. 136] und Statista [15, S. 24].

auf [24, 25, 44]. Währenddessen hat Kuhmilch einen charakteristischen milden Geschmack, was dazu führen kann, dass Pflanzendrinks aufgrund der sich von der Kuhmilch unterscheidenden Geschmacksrichtungen von einigen Verbrauchern abgelehnt werden [25]. Beim Vergleich des Preises von Pflanzendrinks mit dem von Kuhmilch lässt sich feststellen, dass ein Pflanzendrink derzeit generell noch teurer ist als die tierische Milch [39S]. Detailliertere Informationen zum Vergleich des Preises von Pflanzendrinks und Kuhmilch lassen sich in der aktuellen Literatur nicht finden.

Ausblick

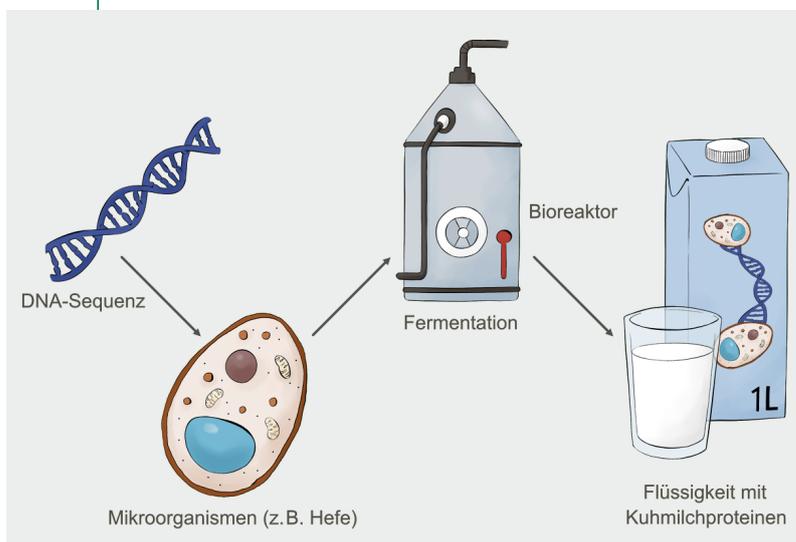
Neben dem stetigen Wachstum des Pflanzendrink-Sortiments arbeitet eine Reihe von Unternehmen und Wissenschaftlern an der Entwicklung von weiteren Milchalternativen, die hinsichtlich ihrer Optik, ihren sensorischen Ei-

genschaften sowie ihren Nährstoffen äquivalent zur tierischen Milch sein soll [20, 21, 45S, 46, 47S]. Diese Milchalternative wird unter anderem als *animal-free milk* bezeichnet und besteht aus denselben Grundbestandteilen wie die Milch von Kühen und andere Tierarten: Wasser und den Milchproteinen Kasein und Molkenproteine. Bei der Herstellung von *animal-free milk* werden die Milchproteine allerdings ohne die Beteiligung von Tieren mithilfe von Präzisionsfermentationstechnologien gewonnen [46, 48] (Abbildung 8).

Zur Gewinnung der Milchproteine durch Präzisionsfermentation wird die DNA von Mikroorganismen wie Bakterien oder Hefen verändert, so dass diese die Milchproteine synthetisieren, die traditionell in tierischer Milch vorkommen. Hierfür werden zunächst die DNA-Sequenzen beispielweise einer Kuh, die für die Synthese der Milchproteine kodieren, kopiert und mit der DNA der Mikroorganismen rekombiniert. Die DNA-Sequenzen können aus einer DNA-Datenbank bezogen werden. Die Mikroorganismen mit rekombinanter DNA werden in einem Bioreaktor mit einem entsprechenden Nährmedium kultiviert und produzieren dort die gewünschten Milchproteine. Diese werden nachfolgend aus dem Nährmedium gefiltert, gereinigt und getrocknet [45S, 46, 49, 50S, 51S]. Mit den Milchproteinen können Milch oder Milchprodukte wie Joghurt, Käse oder Eiscreme hergestellt werden, deren Textur, Geschmack und Nährwert äquivalent zu herkömmlichen Milchprodukten ist. Um *animal-free milk* herzustellen, werden die Milchproteine mit Wasser, pflanzlichen Fetten, Mineralien, Zucker und Salzen kombiniert (46, 49, 50S).

Diese Fermentationstechnologie wird bereits seit Jahrzehnten kommerziell genutzt. Trotzdem gab es über präzisionsfermentationsbasierte Milchprodukte bisher nur einen begrenzten öffentlichen und wissenschaftlichen Diskurs, obwohl präzisionsfermentationsbasierte Milchalternativen hormon-, antibiotika- und laktosefrei sind. Außerdem besteht die Möglichkeit, den Makro- und

ABB. 8 | HERSTELLUNG EINER MILCHALTERNATIVE DURCH PRÄZISIONSFERMENTATION



Mikronährstoffgehalt von präzisionsfermentationsbasierten Milchalternativen anzupassen [46, 52]. Erste Analysen zur Herstellung der Milchproteine Kasein und Molkenprotein durch Präzisionsfermentation haben darüber hinaus gezeigt, dass die Umweltauswirkungen im Vergleich zur Herstellung von Kuhmilch geringer sind. Zusammenfassend haben sie ein großes Potenzial, nachhaltiger und gesundheitsförderlicher zu sein als tierische Milch [46, 52].

Im Juni 2022 hat die Firma *Bored Cow* mit dem fermentationsbasierten Milchprotein der Firma *Perfect Day* die erste *animal-free milk* auf den amerikanischen Markt gebracht [50S]. Mindestens 16 verschiedene Lebensmittelmarken haben seitdem das Molkenprotein von *Perfect Day* in Produkte wie Milch, Eiscreme, Sahne, Frischkäse, Proteinpulver oder Schokolade verarbeitet [48, 50S]. Auf dem europäischen Markt sind präzisionsfermentationsbasierte Milchprodukte derzeit noch nicht erhältlich.

Zusammenfassung

Die derzeitige Produktion und der weltweit hohe Konsum von Milch tragen erheblich zum Klimawandel und zum Biodiversitätsverlust bei. Dies führt dazu, dass die Ressourcen unseres Planeten für die erforderliche Versorgung der wachsenden Bevölkerung mit tierischen Produkten wie Milch in Zukunft nicht ausreichen werden. Gleichzeitig besteht seit einigen Jahren weltweit großes Interesse an einer überwiegend pflanzlichen Ernährung, was sich auch in einer hohen Nachfrage nach pflanzlichen Milchalternativen zeigt. Letztere stellen insofern eine potenzielle Alternative zur tierischen Milch dar, da ihr Herstellungsprozess im Vergleich mit dem von Kuhmilch nachhaltiger ist. Auch wenn pflanzliche Milchalternativen aufgrund ihrer großen Spannweite an Makro- und Mikronährstoffen von Natur aus nicht das exakte Nährwertäquivalent zur Kuhmilch darstellen, sind sie das am häufigsten verkaufte vegane Alternativprodukt in Europa und Deutschland. Auch auf globaler Ebene wächst der Markt für pflanzliche Milchalternativen derzeit rasant. Die Gründe für den Konsum von pflanzlichen Milchalternativen basieren im Wesentlichen auf den drei Aspekten: Gesundheit, Nachhaltigkeit und Tierschutz. Dabei wird die Kaufentscheidung insbesondere durch den Geschmack und den Preis der pflanzlichen Milchalternativen beeinflusst. Dementsprechend entwickeln sich das Angebot und Sortiment von pflanzlichen Milchalternativen stetig weiter. Darüber hinaus wird derzeit intensiv an der Entwicklung neuer Milchalternativen durch Präzisionsfermentation gearbeitet.

Summary

Plant-based milk alternatives

The current production and high consumption of milk worldwide contribute significantly to climate change and biodiversity loss. As a result, the resources of our planet will not be sufficient to feed the growing population with animal products such as milk in the future. At the same time, for some years now, there has been a high interest world-

GLOSSAR

Konsummilch: Darunter fallen Rohmilch (nicht über 40 °C erhitze Milch), Vollmilch (mind. 3,5 % Fett), teilentrahmte Milch (mind. 1,5 % und höchstens 1,8 % Fett), entrahmte Milch (höchstens 0,5 % Fett), sonstige Konsummilch, laktosefreie und eiweißangereicherte Milch.

Lebenszyklusanalyse (engl. life cycle assessment, LCA): Quantitative, standardisierte Methode zur Analyse der Gesamtumweltauswirkungen eines Produkts oder Verfahrens innerhalb eines Lebenszyklus.

Pasteurisieren: Methode zur Konservierung und Verlängerung der Haltbarkeit von Lebensmitteln, indem die Zahl der Mikroorganismen reduziert und Enzyme inaktiviert werden. Das Pasteurisieren wird bei Temperaturen unter 100 °C durchgeführt und ermöglicht eine Haltbarkeit von ca. einer Woche bei Kühltemperaturen.

Planetare Belastungsgrenzen: Wurden im Rahmen des Konzepts der globalen Nachhaltigkeit von Rockström et al. [18] definiert. Sie beziehen sich auf den Klimawandel, die Versauerung der Meere, die Ozonbildung, den Stickstoff- und den Phosphorkreislauf, den globalen Wasserverbrauch, die Landnutzung und den Verlust der Biodiversität. Überschreitungen dieser Grenzen gefährden die Stabilität und Widerstandsfähigkeit des Erdsystems.

Planetary Health Diet: Eine von der EAT-Lancet-Kommission entwickelte Strategie für Landwirtschaft und Ernährung zum Schutz der Erde und der Gesundheit der Menschen. Ziel ist eine nachhaltige und gesunde Ernährung für eine Weltbevölkerung von 10 Milliarden Menschen im Jahr 2050, die überwiegend auf pflanzlichen Lebensmitteln basiert und durch kleinere Mengen an Fisch, Fleisch und Milchprodukten ergänzt wird.

Ultrahochtemperatur-Behandlung (engl. ultra-high-temperature processing, UHT processing): Methode zur Konservierung und Verlängerung der Haltbarkeit von Lebensmitteln auf mehrere Monate, indem die Zahl der Mikroorganismen reduziert und Enzyme inaktiviert werden. Die UHT-Behandlung wird bei Temperaturen von 135–150 °C durchgeführt, wodurch ein kommerziell steriles Produkt entsteht.

wide in a predominantly plant-based diet, which is also reflected in a high demand for plant-based milk alternatives. They represent a potential alternative to animal milk in so far as their production process is more sustainable in comparison to that one of cow's milk. Even though plant-based milk alternatives are by nature not the exact nutritional equivalent of cow's milk due to a wide range of macro- and micronutrients, they are the most sold vegan alternative products in Europe and Germany. Also at a global level, the market for plant-based milk alternatives is currently growing rapidly. The reasons for the consumption of plant-based milk alternatives are essentially based on three aspects: health, sustainability and animal welfare. At the same time, the purchase decision is especially influenced by the taste and price of the plant-based milk alternatives. Correspondingly, the offer and assortment of plant-based milk alternatives constantly develop. Furthermore, intensive work is currently being done on the development of new milk alternatives through precision fermentation.

Schlagworte:

Milchwirtschaft, Kuhmilch, Nachhaltiger Konsum, Milchersatz, Pflanzendrinks

Literatur

Aufgrund der Vielzahl der Literaturangaben führen wir hier nur die nach Meinung der Verfassenenden wichtigsten Literaturstellen auf. Die vollständige Literaturliste finden Sie unter www.biuz.de. Einfach den Artikel aufrufen und dort das Zusatzmaterial öffnen. Literaturstellen, die online zur Verfügung stehen, sind im Text mit einem S für *Supplementary* gekennzeichnet.

- [1] K. Geburt et al. (2022). A Comparative Analysis of Plant-Based Milk Alternatives Part 2: Environmental Impacts. *Sustainability* 14(14), 8424. <https://doi.org/10.3390/su14148424>
- [2] J. Poore, T. Nemecek (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360, 987–992. <https://doi.org/10.1126/science.aaq0216>
- [11] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2022). Konsummilch: Herstellungsmenge und Verbrauch pro Kopf 2021 leicht gesunken. <https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung-fischerei/versorgungsbilanzen/milch-und-milcherzeugnisse>
- [15] Statista (2021). Milchersatzprodukte. <https://de.statista.com/statistik/studie/id/88316/dokument/milchersatzprodukte/>
- [16] Bundeszentrum für Ernährung (BZfE) (2020). *Planetary Health Diet*. Speiseplan für eine gesunde und nachhaltige Ernährung. <https://www.bzfe.de/nachhaltiger-konsum/lagern-kochen-essen-teilen/planetary-health-diet/>
- [20] Grand View Research (2021). Dairy Alternatives Market Size, Share & Trends Analysis Report by Source, by Product, by Distribution Channel, and Segment Forecasts, 2021–2028. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/dairy-alternatives-market>
- [21] Markets & Markets (2022). Dairy Alternatives Market. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/dairy-alternative-plant-milk-beverages-market-677.html>
- [22] S. Weiss (2021). Das Geschäft mit den Pflanzendrinks. <https://www.nzz.ch/video/hafer-soja-mandel-vegane-milch-trend-ld.1598121>
- [23] M. Bridges (2018). Moo-ove Over, Cow's Milk: The Rise of Plant-Based Dairy Alternatives. *Practical Gastroenterology* 171, 20–27.
- [24] O. E. Mäkinen et al. (2016). Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy Plant-based Milk Substitutes and Fermented Dairy-type Products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56(3), 339–349. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.761950>
- [25] F. Reyes-Jurado et al. (2021). Plant-Based Milk Alternatives: Types, Processes, Benefits, and Characteristics. *Food Reviews International*, <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1952421>
- [26] M. L. Astolfi et al. (2020). Comparative elemental analysis of dairy milk and plant-based milk alternatives. *Food Control* 116. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107327>
- [28] M. Pointke et al. (2022). A Comparative Analysis of Plant-Based Milk Alternatives Part 1: Composition, Sensory, and Nutritional Value. *Sustainability* 14(13), 7996. <https://doi.org/10.3390/su14137996>
- [29] C. M. Singh-Povel et al. (2022). Nutritional content, protein quantity, protein quality and carbon footprint of plant-based drinks and semi-skimmed milk in the Netherlands and Europe. *Public Health Nutrition* 25(5), 1416–1426. <https://doi.org/10.1017/S1368980022000453>
- [30] N. Pritulska et al. (2021). Consumer preferences on the market of plant-based milk analogues. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences* 15, 131–142. <https://doi.org/10.5219/1485>
- [32] Europäisches Parlament und Europäischer Rat (2013). Verordnung (EU) Nr. 1308/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 über eine gemeinsame Marktorganisation für landwirtschaftliche Erzeugnisse und zur Aufhebung der Verordnungen (EWG) Nr. 922/72, (EWG) Nr. 234/79, (EG) Nr. 1234/2007. *Amtsblatt der Europäischen Union* L 324/671. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:347:0671:0854:de:PDF>
- [34] E. Rööfs et al. (2018). The role of dairy and plant based dairy alternatives in sustainable diets. Swedish University of Agriculture Sciences, the research platform Future Food, https://pub.epsilon.slu.se/16016/1/roofs_e_et_al_190304.pdf
- [35] A. Carlsson Kanyama et al. (2021). Differences in environmental impact between plant-based alternatives to dairy and dairy products: A systematic literature review. *Sustainability* 13(22), <https://doi.org/10.3390/su132212599>
- [36] A. A. Paul et al. (2019). Milk Analog: Plant-based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical Reviews in Food Sciences and Nutrition* 60(18), 3005–3023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>
- [38] ProVeg e.V. (2019). Pflanzmilch-Report. <https://proveg.com/de/ernaehrung/pflanzliche-alternativen/pflanzmilch-report/>
- [44] A. Cardello et al. (2022). Plant-based alternatives vs dairy milk: Consumer segments and their sensory, emotional, cognitive and situational use responses to tasted products. *Food Quality and Preference* 100. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104599>
- [46] Z. Mendingly-Zambo et al. (2021). Dairy 3.0: cellular agriculture and the future of milk. *Food, Culture and Society* 24(5), 675–693. <https://doi.org/10.1080/15528014.2021.1888411>

- [48] E. Waltz (2022). Cow-less milk: the rising tide of animal-free dairy attracts big players. *Nature Biotechnology* 40(11), 1531–1533. <https://doi.org/10.1038/s41587-022-01548-z>
- [49] M. J. Mouat, R. Prince (2018). Cultured meat and cowless milk: on making markets for animal-free food. *Journal of Cultural Economy* 11(4), 315–329. <https://doi.org/10.1080/17530350.2018.1452277>
- [52] P. Bhandari et al. (2021). Life Cycle Assessment and Carbon Offset Potential for Cultured Milk Protein. Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Duke University, <https://nicholasinstitute.duke.edu/publications/life-cycle-assessment-and-carbon-offset-potential-cultured-milk-protein>

Verfasst von:



Lena Szczepanski, geb. 1995, hat an der Universität Osnabrück Biologie und Physik auf Gymnasiallehreramt studiert. Anschließend absolvierte sie ihren Vorbereitungsdienst am Zentrum für schulpraktische Lehrerbildung in Münster. Aktuell arbeitet sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Biologiedidaktik an der Universität Osnabrück und forscht im Rahmen ihrer Promotion zum Thema „Vorstellungen, Einstellungen, Konsumbereitschaft von Jugendlichen gegenüber nachhaltigeren Alternativen zur Kuhmilch“.



Gesa Ostermann, geb. 1994, hat an der Universität Osnabrück Biologie und Germanistik sowie Deutsch auf Gymnasiallehreramt studiert. Sie verfasste ihre Masterarbeit zum Thema „Pflanzliche Milchalternativen – Produktion, Nachhaltigkeit und Akzeptanz“ in der Abteilung Biologiedidaktik an der Universität Osnabrück.



Florian Fiebelkorn, geb. 1980, absolvierte ein Doppelstudium der Biologie (Diplom) sowie der Biologie und Chemie (Lehramt an Gymnasien) an der Universität Hannover und der Universidad Nacional (Costa Rica). Anschließend forschte er an der Abteilung für Biologiedidaktik an der Universität Osnabrück und arbeitete als Projektleiter und Lehrer bei der High Seas High School® sowie an der Deutschen Schule in Santiago de Chile. Aktuell übernimmt er an der Abteilung Biologiedidaktik der Universität Osnabrück die Lehrstuhlvertretung für Prof. Dr. Susanne Menzel. Forschungsschwerpunkte: Wissen und Einstellungen von Schülern, Lehrern und der allgemeinen Bevölkerung zu verschiedenen Aspekten einer Nachhaltigen Ernährung und zum Schutz von Biodiversität.

Korrespondenz

Lena Szczepanski
Dr. Florian Fiebelkorn
Universität Osnabrück
Fachbereich Biologie/Chemie
Abteilung Biologiedidaktik
Barbarastrasse 11/Geb. 35
49076 Osnabrück
E-Mail: lena.szczepanski@uos.de
E-Mail: florian.fiebelkorn@uos.de



Verband | Biologie, Biowissenschaften
& Biomedizin in Deutschland

**GEMEINSAM
FÜR DIE**

BIEWISSENSCHAFTEN

Gute Gründe, dem VBIO beizutreten:

- Werden Sie Teil des größten Netzwerks von Biowissenschaftlern in Deutschland.
- Unterstützen Sie uns, die Interessen der Biowissenschaften zu vertreten.
- Nutzen Sie Vorteile im Beruf.
- Bleiben Sie auf dem Laufenden – mit dem VBIO-Newsletter und dem Verbandsjournal „Biologie in unserer Zeit“.
- Treten Sie ein für die Zukunft der Biologie.



www.vbio.de

Jetzt beitreten!

