

# Milch oder Nicht-Milch, das ist hier die Frage!

## *Nährstoffgehalte und Nachhaltigkeit von Kuhmilch und pflanzlichen Alternativen im naturwissenschaftlichen Unterricht*

Linda Hämmerle<sup>1</sup>, Alexandra Teplá<sup>2</sup>, Larissa Böhm<sup>3</sup>, Rita Elisabeth Krebs<sup>4</sup>

DOI: <https://doi.org/10.53349/re-source.2025.i1.a1354>

### **Zusammenfassung**

In diesem Beitrag werden Kuhmilch, Hafer-, Soja- und Mandeldrink vorgestellt und hinsichtlich ihres Nährstoffgehalts und der ökologischen Auswirkungen ihrer Produktion diskutiert. Es werden Vorschläge gegeben, wie Schüler\*innen der Sekundarstufe den Eiweiß-, Kohlenhydrat- und Fettgehalt der Produkte untersuchen und vergleichen können. Darüber hinaus werden Treibhauspotenzial, die Landnutzungsanforderungen sowie der Wasserverbrauch als Indikatoren für die Umweltbilanz von Kuhmilch und den verschiedenen Milchalternativen gegenübergestellt. Es wird argumentiert, wie Kuhmilch und Milchalternativen als eine Lerngelegenheit im naturwissenschaftlichen Unterricht herangezogen werden können, um im Kontext der Klimakrise einerseits eine fundiertere Konsumentenscheidung im Hinblick auf den Nährstoffgehalt und die Umweltbilanz eines Produkts zu treffen, und andererseits die gesellschaftliche und politische Verantwortung zu diskutieren. Zum Schluss werden Möglichkeiten zur Integration in weitere Unterrichtseinheiten in den Fächern Chemie sowie Biologie und Umweltbildung präsentiert.

**Stichwörter:** Milch, pflanzliche Milchalternativen, Nährstoffgehalt, Nachhaltigkeit, Klimakrise

---

<sup>1</sup> Universität Wien, Universitätsring 1, 1010 Wien.

E-Mail: [linda.haemmerle@univie.ac.at](mailto:linda.haemmerle@univie.ac.at)

<sup>2</sup> Universität Wien, Universitätsring 1, 1010 Wien.

E-Mail: [alexandra.tepla@univie.ac.at](mailto:alexandra.tepla@univie.ac.at)

<sup>3</sup> Universität Wien, Universitätsring 1, 1010 Wien.

E-Mail: [a11931470@unet.univie.ac.at](mailto:a11931470@unet.univie.ac.at)

<sup>4</sup> Pädagogische Hochschule Niederösterreich, Mühlgasse 67, 2500 Baden.

E-Mail: [rita.krebs@ph-noe.ac.at](mailto:rita.krebs@ph-noe.ac.at)

## 1 Einleitung

Das Thema Kuhmilch und Milchalternativen wird oft kontrovers diskutiert (etwa im Kontext „Tradition“, ORF 2022) und zeigt einen hohen Alltagsbezug. Daher bietet es einen idealen Anknüpfungspunkt für eine Betrachtung von Nachhaltigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Die Auseinandersetzung mit den Nährstoffgehalten und der Umweltbilanz von Kuhmilch und pflanzlichen Alternativen ist nicht nur aus ernährungswissenschaftlicher, sondern auch aus umwelttechnischer Perspektive von großer Bedeutung. In einer Zeit, in der die Klimakrise und nachhaltige Lebensweisen immer dringlicher werden, ist es essenziell, Schüler\*innen für die gesundheitlichen und ökologischen Auswirkungen ihrer Ernährung zu sensibilisieren. In diesem Beitrag werden die Nährwerte von Kuhmilch und pflanzlichen Alternativen sowie die ökologischen Folgen ihrer Produktion beleuchtet und didaktische Ansätze für die schulische Praxis vorgestellt, um das Thema im Unterricht fundiert und praxisnah zu vermitteln. Abschließend werden Perspektiven für eine weiterführende Auseinandersetzung mit dem Thema gegeben.

### 1.1 Ernährung und Nachhaltigkeit im Anthropozän

Wir leben im Anthropozän, einem Zeitalter, das durch den starken Einfluss des Menschen auf die Erde geprägt ist (Sipl, Rauscher & Scheuch, 2020; Zalasiewicz et al., 2024). In dieser Zeit ist klimabewusstes und umweltbewusstes Handeln unerlässlich, um natürliche Ressourcen zu schonen und der Klimakrise entgegenzuwirken. Um eine nachhaltige Zukunft zu gestalten, sind die Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs) der Vereinten Nationen von entscheidender Bedeutung. Während sich diese Ziele zu großen Teilen auf die gesellschaftliche Ebene beziehen, so können sie auch als Orientierungshilfe für das individuelle Handeln dienen. In Bezug auf Ernährung wird hier einerseits „Kein Hunger“ (SDG 2) gefordert, andererseits soll „Nachhaltige/r Konsum und Produktion“ (SDG 12) verantwortungsbewusste Entscheidungen bei Lebensmittelproduktion und -konsum in den Vordergrund rücken (Vereinte Nationen, 2023). Nur durch ein gemeinsames Umdenken kann eine gerechte, gesunde und klimafreundliche Ernährung für alle Menschen sichergestellt werden (SDG 13 „Maßnahmen zum Klimaschutz“; Vereinte Nationen, 2023). Im Kontext dieser SDGs lohnt sich ein Blick auf verschiedene Ernährungsformen. Sich vegetarisch oder vegan zu ernähren ist keine neue Erscheinung; der Begriff leitet sich vom lateinischen *vegetare* ab, was so viel wie „beleben“ oder „ermuntern“ bedeutet. Mit der Gründung der *Vegetarian Society of the United Kingdom* in 1847 wurde der Begriff *vegetarian* als ein Portmanteau aus *vegetable* und dem Suffix *-arian* geprägt und bedeutet so viel wie „Gemüsebefürworter\*in“ (OED, 2024). Allgemein zielt die vegetarische Ernährung auf einen Verzicht auf tierische Produkte, insbesondere Fleisch ab. Viele Vegetarier\*innen konsumieren jedoch zusätzlich zu pflanzlichen Produkten noch Eier und Milchprodukte oder sogar Fisch und Meeresfrüchte, weshalb sich in den darauffolgenden Jahrzehnten Begriffe herauskristallisiert haben, welche diese Subgruppen klassifizieren (z. B.

ovo-lacto-vegetarisch, pescetarisch, etc.). Mit der Gründung der *Vegan Society* im Jahr 1944 entstand schließlich auch eine Bewegung, die völlig auf tierische Produkte verzichtet. Der Begriff „Veganismus“ wurde 1979 von der *Vegan Society* wie folgt definiert:

Veganismus ist eine Lebensweise, die versucht – so weit, wie es praktisch durchführbar ist – alle Formen von Ausbeutung und Grausamkeiten an leidensfähigen Tieren für Essen, Kleidung und andere Zwecke zu vermeiden; und die in weiterer Folge die Entwicklung und Verwendung von tierfreien Alternativen zu Gunsten von Mensch, Tier und Umwelt fördert. [...]. (Vegan, n.d.)

Vegetarismus und Veganismus gewinnen immer mehr an Popularität. Während der Anteil an vegetarisch und vegan lebenden Personen in Österreich 2017 noch 6% betrug, waren es Anfang 2021 bereits 11% (Ahrens, 2024). Immer mehr Menschen in Österreich entscheiden sich somit für einen Verzicht auf (einzelne) tierische Produkte – auf Grund von gesundheitlichen und tierethischen Aspekten, aber auch in Anbetracht globaler Umweltprobleme.

## 1.2 Zusammenhang von Ernährung und Klimakrise

Ein besonders akutes Umweltproblem stellt die Klimakrise mit ihren zahlreichen, globalen und sozialen negativen Folgen dar. Der Bereich „Ernährung“ wird im aktuellen Bericht des Weltklimarates (IPCC, 2023) als wichtiger Hebel zur Minderung der Klimakrise hervorgehoben. Besonders der Verzicht auf tierische Produkte kann zu einer signifikant geringeren Belastung für das Klima und die Umwelt führen. Während auch in diesem Bereich die gesellschaftliche und wirtschaftliche Verantwortung (z. B. in den Bereichen Lebensmittelherstellung und Transport) zu nennen sind, so ist auch ein Handeln auf individueller Ebene möglich. Scarborough et al. (2023) zeigen, dass die Treibhausgasemissionen und die Schäden an Land, Wasser und Biodiversität bei veganer Ernährung deutlich geringer sind als bei einer omnivoren Ernährung. Die Produktion von Kuhmilch trägt erheblich zu diversen Umweltproblemen bei; etwa durch Methan- und CO<sub>2</sub>-Emissionen, durch hohen Wasserverbrauch für Tiere, Reinigung und Futtermittelanbau, und durch Landnutzungsänderungen, die u.a. Entwaldung und Biodiversitätsverlust mit sich ziehen können. Zudem können Düngemittel und Gülle biogeochemische Kreisläufe stören und zur Verschmutzung von Gewässern führen. Das Ausmaß der Umweltbelastung, die Kuhmilchproduktion mit sich zieht, variiert je nach Produktionsweise (mehr dazu in Abschnitt 3) (Campbell et al., 2017; Geburt et al., 2022).

Trotz des großen Potentials des Bereichs Ernährung werden in Österreich laut Daten vom Dezember 2023 1,84 Millionen Rinder gehalten, darunter 543.000 Milchkühe, 80.000 Schlachtkalbinnen – weibliche Tiere, meist aus der Milchproduktion, die noch nicht gekalbt haben und nicht in der Milchproduktion oder Zucht genutzt werden – sowie 41.600 Schlachtkälber. Bei Letzteren handelt es sich um männliche Kälber, die überwiegend im Kontext der Milchwirtschaft geboren werden und für die Schlachtung vorgesehen sind (Werner, 2023; Rinderzucht Austria, 2024).

Die historische Entwicklung der Kuhmilchwirtschaft ist eng mit der Ernährungsgeschichte des Menschen verbunden. Bereits vor etwa 10.000 Jahren begann der Mensch in Regionen wie dem Nahen Osten und Europa, Vieh zu halten und Kuhmilch zu konsumieren (vgl. Curry, 2013). Während dieser Zeit entwickelte sich in einigen Bevölkerungsgruppen die genetische Mutation der Laktase-Persistenz, die es diesen Menschen ermöglichte, auch im Erwachsenenalter Laktose, den Hauptzucker der Kuhmilch, zu verdauen. Diese Mutation begünstigte die Verbreitung des Kuhmilchkonsums, vor allem in Europa, und war ein entscheidender Faktor für die Etablierung der Milchproduktion in diesen Regionen. In vielen anderen Teilen der Welt, insbesondere in Asien und Afrika, bleibt jedoch die Laktoseintoleranz weit verbreitet. In diesen Regionen ist der Konsum von Kuhmilch oft kulturell und physiologisch eingeschränkt. Seitdem hat sich die Kuhmilchproduktion immer weiter vergrößert und spezifiziert. Die Milchviehhaltung spielt eine zentrale Rolle in der Landwirtschaft vieler Länder und ist in Europa besonders stark ausgeprägt. Doch mit dem zunehmenden Bewusstsein für die negativen ökologischen Auswirkungen der Kuhmilchproduktion, wie etwa die hohe Treibhausgasemissionen und die Belastung von Land und Wasser, wächst sowohl die Nachfrage nach einer durchgehend nachhaltigeren Kuhmilchwirtschaft als auch die Nachfrage nach pflanzlichen Alternativen zu Kuhmilch. In westlichen Gesellschaften haben Soja-, Reis-, Mandel- und Haferdrinks in den letzten Jahrzehnten zunehmend an Beliebtheit gewonnen. Diese alternativen Produkte wurden teils bereits seit Jahrhunderten in Asien oder im Mittelalter in Europa verwendet, wobei neuere Alternativen wie Haferdrink erst in den 1990er Jahren populär wurden.

### **1.3 Die Notwendigkeit der Thematisierung pflanzlicher Alternativen im naturwissenschaftlichen Unterricht**

Angesichts dieser Herausforderungen und der dringenden Notwendigkeit, den Treibhausgas-Ausstoß zu reduzieren, sollten pflanzliche Alternativen zu „traditionalen“ mitteleuropäischen Nahrungsquellen wie tierischen Produkten einen festen Bestandteil im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe darstellen (Szczepanski et al., 2023; Winter et al., 2023). Themen wie der Nährstoffgehalt und die ökologischen Auswirkungen verschiedener Milchalternativen eröffnen die Möglichkeit zur kritischen Auseinandersetzung mit den eigenen Konsumententscheidungen. In naturwissenschaftlichen Unterrichtseinheiten können Schüler\*innen den Eiweiß-, Kohlenhydrat- und Fettgehalt dieser Milchalternativen untersuchen und vergleichen. Oftmals bestehen Berührungsängste gegenüber pflanzlichen Alternativen (Szczepanski et al., 2023), die durch eine praxisnahe Auseinandersetzung im Unterricht verringert oder abgebaut werden können. Zusätzlich könnten die ökologischen Auswirkungen dieser Produkte im Vergleich zur Kuhmilch thematisiert werden. So könnten Schüler\*innen erkennen, wie pflanzliche Produkte einen positiven Beitrag zum Klimaschutz leisten können (BMBF, 2014; BMBWF, 2024a). Diese Themen bieten demnach nicht nur eine wertvolle Lerngelegenheit, sondern tragen auch dazu bei, ein grundlegendes Verständnis für nachhaltigen Konsum

und die Wechselwirkungen zwischen Ernährung und Umwelt zu fördern (BMBF, 2014; BMBWF, 2024a).

## 2 Herkunft und Nährstoffgehalt von Kuhmilch und ihren pflanzlichen Alternativen

Molk, Nilk, Drink und Co. – die Kreativität bei der Benennung von Milchalternativen ist groß. Das liegt unter anderem daran, dass der Begriff „Milch“ in der EU unter den Schutz für traditionelle Lebensmittel fällt und klar definiert ist. Als „Milch“ dürfen demnach nur Erzeugnisse bezeichnet werden, die „durch ein- oder mehrmaliges Melken [...] der normalen Eutersekretion, ohne jeglichen Zusatz oder Entzug“ (Verordnung (EU) Nr. 1308/2013, Anhang Teil III) gewonnen werden. Wenige Ausnahmen hierzu (etwa die Begriffe „Kakaobutter“, „Butterbohne“ oder „Kokosmilch“ sowie „Scheuermilch“), die auf die „traditionelle Verwendung“ der Begrifflichkeiten zurückgeführt wird, werden explizit festgehalten. Pflanzliche Alternativen dürfen demnach nicht als „Milch“ bezeichnet werden.<sup>1</sup>

### 2.1 Tierische Milch

Obwohl sich die Zusammensetzung tierischer Milch je nach Tierart unterscheidet, ist ihnen allen gemeinsam, dass sie primär als Nahrung für Säuglinge vorgesehen ist. Bei Milchalternativen aus Hafer, Mandeln, Sojabohnen, Cashewnüssen und Ähnlichem wird dementsprechend nicht von „Milch“, sondern von „Drinks“ oder „Getränken“ gesprochen. Die begriffliche Trennung von Milch und Milchalternativen in der EU wirft die Frage nach den Unterschieden bei den Produkten auf. In diesem Beitrag wird der Fokus auf Kuhmilch sowie Hafer-, Soja- und Mandeldrink gelegt. *Kuhmilch* wird durch das Melken weiblicher Kühe gewonnen und dient der Versorgung ihrer Neugeborenen mit verschiedenen Nährstoffen (Töpel, 2004). Die Milchbildung, auch Laktogenese genannt, wird durch die Hormone Prolaktin und Glukokortikoide in Gang gesetzt. Caseine, Molkeproteine, Laktose und kurzkettige Fettsäuren werden dabei direkt in den milchbildenden Epithelzellen des Euters gebildet, langkettige Fettsäuren durch den Abbau von Depotfett gewonnen und Vitamine, Mineralstoffe und Immunglobuline aus dem Blut übernommen (Weiß et al., 2005). Nach dem Melken wird die gewonnene Milch in der Regel durch Pasteurisierung oder Ultrahocherhitzung haltbar gemacht, zur Stabilisierung homogenisiert und im Handel verkauft. Aus chemischer Sicht handelt es sich bei tierischer Milch um eine Fett-in-Wasser-Emulsion, die aufgrund von Lichtstreuung und gelöster Farbstoffe wie  $\beta$ -Carotin eine weiße bis leicht-gelbliche Färbung aufweist (Töpel, 2004). Kuhmilch unterscheidet sich von pflanzlichen Ersatzprodukten besonders durch das Vorhandensein von Laktose, einem Disaccharid aus  $\beta$ -Galactose und Glucose. Ursprünglich konnten bei Menschen nur Babys Laktose mit Hilfe des Enzyms Laktase ( $\beta$ -Galactosidase) aufspalten und in Glukose umwandeln, seit einer Mutation am MCM6-Gen vor ungefähr 9.000

Jahren kann Laktase jedoch teilweise auch im Erwachsenenalter produziert werden (Fink-Keßler, 2013). Wenn dieses Enzym im Dünndarm fehlt, gelangt Laktose in den Dickdarm, wo sie von Darmbakterien abgebaut wird, und Blähungen verursachen kann. Diese Zuckerverwertungsstörung nennt man Laktoseintoleranz.

## 2.2 Pflanzliche Milchalternativen

Alternativen zu Kuhmilch sind „Pflanzendrinks“, die auf Basis von Hülsenfrüchten, Getreide oder Nüssen hergestellt werden. Die genaue Herstellung variiert je nach Rohstoff, die ersten Herstellungsschritte haben Pflanzendrinks jedoch gemeinsam: Der Rohstoff muss zuerst zerkleinert und vermahlen werden, anschließend wird er eingeweicht und filtriert (i.m.a e.V., 2022). Zurück bleibt jeweils eine wässrige Lösung, der im nächsten Schritt – abhängig vom Produkt – Mineralstoffe und Vitamine beigefügt werden. Weil es sich auch bei Pflanzendrinks um Emulsionen handelt, ist das Homogenisieren und Pasteurisieren unerlässlich (i.m.a e.V., 2022).

Die beliebteste Milchalternative Europas ist der *Haferdrink* (Ahrens, 2021). Hafer (*Avena*) ist eine Gattung der Süßgräser (*Poaceae*), deren Samen zum Verzehr geeignet sind. Für die Herstellung von Haferdrink wird Hafer aus Europa, Nordamerika oder Westasien gereinigt und von Spelzen befreit (Khare et al., 2018). Der Haferdrink enthält viele Ballaststoffe, insbesondere  $\beta$ -Glucane, und weist im Vergleich zu anderen pflanzlichen Alternativen den höchsten Anteil an Kohlenhydraten und einen sehr niedrigen Proteingehalt auf (Verbraucherzentrale NRW, 2021). Haferdrinks sind aufgrund ihrer Rohstoffbasis reich an Niacin (Vitamin B3) und Pantothersäure (Vitamin B5). Um Kuhmilch-ähnliche Nährwerte zu erhalten, werden konventionell hergestellten Haferdrinks oftmals mit Calcium und anderen Vitaminen, beispielsweise Vitamin B12, angereichert (Verbraucherzentrale NRW, 2021).

*Mandeldrinks* werden aus gerösteten Mandeln hergestellt, den Samen des Mandelbaumes (*Prunus dulcis*). Obwohl Mandeln ursprünglich aus dem mediterranen Raum stammen, werden ungefähr 80% der Mandeln für den weltweiten Konsum in Kalifornien in den USA angebaut (Martin & Hanson, 2023). Sie sind in vielen Ernährungsrichtlinien enthalten, weil sie einen hohen Anteil an Ballaststoffen, ungesättigten Fettsäuren, Riboflavin (Vitamin B2) und den Mineralstoffen Calcium und Magnesium aufweisen (Rehm & Drewnowski, 2017). Mandeldrinks enthalten im Unterschied zu Mandeln einen niedrigeren Proteingehalt, weil nahezu alle Proteine im Verarbeitungsprozess herausgefiltert werden. Diese Milchalternative hat aufgrund der starken Verdünnung einen niedrigen Kaloriengehalt (ProVeg e.V., 2019).

*Sojadrinks* sind der am dritthäufigsten konsumierte Pflanzendrink und werden aus den Samen der Sojapflanze (*Glycine max*), den Sojabohnen, hergestellt. Für die Herstellung von Sojadrinks, die hierzulande verkauft werden, stammen die Rohstoffe meist aus Ländern wie Frankreich, Belgien oder Kanada. Österreich selbst ist neben Italien, Frankreich, Rumänien und Kroatien eines der Hauptanbauländer von Soja innerhalb der EU (BML, n.d.). Verglichen mit anderen Pflanzendrinks weisen Sojadrinks den höchsten Proteingehalt auf und sind in dieser Kategorie mit Kuhmilch gleichauf. Sojabohnen haben von Grund auf einen niedrigen Kohlenhy-

dratgehalt. Viele Sojadrinks werden während der Produktion jedoch gesüßt, sodass sich Sojadrinks mit einem Kaloriengehalt von ungefähr 38 kcal/100g im Mittelfeld verschiedener Milchalternativen befinden (Verbraucherzentrale NRW, 2021). Sojadrinks sind zudem reich an Isoflavonen, die einen anti-östrogenen Effekt haben und vor Brustkrebs schützen können, und enthalten einen hohen Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren wie Omega-3 und Omega-6 (ProVeg e.V., 2019). Szczepanski et al. (2023, S. 356) geben beispielsweise einen guten Überblick über ausgewählte Makronährstoffe verschiedener pflanzlicher Drinks im Vergleich.

### **3 Die Umweltbilanz von Kuhmilch und ihren pflanzlichen Alternativen**

Die Umweltbilanz von Kuhmilch und pflanzlichen Alternativen wie Hafer-, Mandel- und Sojadrink wird von einer Vielzahl an Faktoren beeinflusst (Geburt et al., 2022). Hierzu zählen unter anderem das Anbaugebiet der Rohstoffe, die Haltungsmethode der Milchkühe sowie die jeweiligen Produktionsmethoden der Endprodukte. Eine pauschale Bewertung der Umweltbilanz ist schwierig, da sie verschiedene Kategorien umfassen kann. Unterschiede in Region, Produktionsweise, Transportszenarien und nicht zuletzt die betrachteten Systemgrenzen und die genutzten Analysemethoden in den einzelnen Studien erschweren zudem die Vergleichbarkeit derer Ergebnisse. Es gibt in Österreich oder der EU keine Verpflichtung zur Offenlegung umfassender Daten zur Umweltbilanz von Produkten. Dies stellt eine zusätzliche Herausforderung für präzise Vergleiche zwischen den Produkten dar. Dennoch lassen sich aus der aktuellen Forschungsliteratur deutliche Tendenzen ableiten. Viele Studien untersuchen nicht explizit die Umweltbilanz verschiedener Produktionsformen von Kuhmilch sowie deren Alternativen, sondern betrachten Ernährungsmuster ganzheitlich. Sie zeigen dabei konsistent, dass vegane und vegetarische Ernährungsweisen deutlich geringere Treibhausgasemissionen, Landnutzungsanforderungen und Wasserverbräuche aufweisen als fleischhaltige Ernährungsweisen (Scarborough et al., 2023; Vanham et al., 2018). Um informierte Entscheidungen zu fördern, lohnt es sich jedoch, auch einzelne Lebensmittel wie Kuhmilch und pflanzliche Alternativen genauer bezüglich ihrer Umweltbilanz zu vergleichen. Im Rahmen des vorliegenden Artikels konzentrieren wir uns auf drei ausgewählte Aspekte: das Treibhauspotential, die Landnutzungsanforderungen und den Wasserverbrauch.

#### **3.1 Treibhauspotential**

Das Treibhauspotential ist ein Maß für die relative Fähigkeit eines Treibhausgases, zur globalen Erwärmung beizutragen und wird i.d.R. in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>-eq) angegeben. Kuhmilch weist im Vergleich zu pflanzlichen Alternativen ein deutlich höheres Treibhauspotential auf. Die unterschiedenen Methoden zur Berechnung des Treibhausgaspotentials zwi-

schen den wissenschaftlichen Studien erschweren den Vergleich zwischen den Studienergebnissen, jedoch bleiben die Tendenzen die gleichen. Kuhmilch verursacht durchschnittlich zwischen 1,41-3,15 kg CO<sub>2</sub>-eq pro Liter, während Sojadrink mit 0,4-0,98 kg CO<sub>2</sub>-eq pro Liter deutlich klimafreundlicher ist (Geburt et al., 2022; Poore & Nemecek, 2018). Eine Untersuchung von Zamecnik et al. (2021) zeigt, dass die Emissionen für Kuhmilch in Österreich zwischen 1,04 kg und 1,34 kg CO<sub>2</sub>-eq pro Liter liegen. Hauptursachen für die hohen Emissionen von Kuhmilch sind Methanausstoß durch enterische Fermentation, die Herstellung von Tierfutter sowie Emissionen aus der Lagerung von Gülle und der Verarbeitung in Schlachthöfen. Haferdrink zeigt hingegen deutlich geringere Werte, mit 0,28 bis 0,90 kg CO<sub>2</sub>-eq pro Liter, abhängig von der Anbauweise und den Transportwegen (Geburt et al., 2022; Zamecnik et al., 2021), ebenso wie Mandeldrink mit ca. 0,61 kg CO<sub>2</sub>-eq pro Liter (Geburt et al., 2022).

### 3.2 Landnutzungsanforderungen

Kuhmilch weist im Vergleich zu pflanzlichen Alternativen einen deutlich höheren Landverbrauch auf. Laut einer Metastudie von Poore & Nemecek (2018) benötigt Kuhmilch im Durchschnitt 8,95 m<sup>2</sup> Land pro Jahr und Liter, was vor allem auf die Flächen für den Anbau von Futtermitteln bzw. Weideland zurückzuführen ist. Sojadrink hingegen kommt im Vergleich mit nur 0,66 m<sup>2</sup> Land pro Liter aus. Eine detailliertere Analyse von Geburt et al. (2022) zeigt zwar geringere Werte, beschreibt jedoch ebenfalls, dass Kuhmilch die schlechteste Landnutzungsbilanz aufweist. Für konventionelle Kuhmilch werden hier 1,02 m<sup>2</sup> und für Bio-Kuhmilch 1,25 m<sup>2</sup> pro Liter berechnet. Im Gegensatz dazu benötigen Sojadrinks zwischen 0,49 und 0,60 m<sup>2</sup>, Haferdrinks 0,66 m<sup>2</sup> und Mandeldrinks 0,42 m<sup>2</sup> pro Liter. Der Vorteil der pflanzlichen Alternativen liegt in der effizienteren Nutzung der Rohstoffe, da keine zusätzlichen Flächen für Tierfutter erforderlich sind. Bei Kuhmilch muss hingegen die gesamte Anbaufläche für die Futtermittelproduktion mit einberechnet werden. Bio-Kuhmilch schneidet in der Landnutzung schlechter ab als konventionelle Milch, da Bio-Tiere in der Regel geringere Milchmengen produzieren und häufiger auf Weideflächen gehalten werden. Diese extensive Haltung erfordert mehr Fläche als die intensivere Kraftfutterhaltung auf kleinerem Raum (Geburt et al., 2022; Bussa et al., 2024). Während es auch in Österreich verschiedenste Haltungsformen gibt, hat eine extensivere Haltung von Milchkühen eine lange Tradition (Grassauer et al., 2022). Der Landverbrauch öffnet dabei eine weitere Diskussionsebene: Verschiedene Flächen eignen sich in unterschiedlichem Maße für die Landwirtschaft. So werden in Österreich etwa auch tendenziell ungünstigere, alpine Landschaften als Weidefläche genutzt, die sich nur bedingt anders landwirtschaftlich nutzen ließen.<sup>2</sup>

Bei dem Thema der Landnutzungsanforderungen wird besonders bei Sojadrink häufig auf die Abholzung tropischer Regenwälder in Lateinamerika hingewiesen, einem großen Soja-Anbaugebiet (Danone Schweiz AG, 2023a). Mit einer erwarteten Rekordernte von bis zu 169 Mio. Tonnen von Juli 2024 bis Juli 2025 ist Brasilien das global führende Produktionsland für Sojabohnen. Der Großteil des in Lateinamerika produzierten Sojas – etwa 80% – wird jedoch als Tierfutter genutzt (Ofterdinger & Granzow, 2022). Während Österreich 2023 selbst rund

266.000 Tonnen Soja produzierte, werden jährlich etwa 500.000 Tonnen Soja und Sojaschrot, v. a. aus Südamerika und den USA als Futtermittel importiert, vorwiegend für Schweine und Geflügel (AGES, 2024; BML, n.d.)

### 3.3 Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch für die Herstellung von Kuhmilch und pflanzlichen Alternativen variiert stark, abhängig von unterschiedlichen Faktoren wie Bewässerung, Elektrizität, Verpackung, Transport und Lagerung. Für die Produktion eines Liters konventioneller Kuhmilch werden rund  $7,37\text{m}^3$  Wasser benötigt, während Bio-Kuhmilch mit  $7,66\text{m}^3$  leicht darüber liegt. Im Vergleich dazu benötigen Hafer- und Mandeldrinks jeweils etwa  $2,5\text{m}^3$ , während Sojadrinks mit  $1,66\text{m}^3$  bis  $2,22\text{m}^3$  den geringsten Wasserverbrauch aufweisen (Geburt et al., 2022). Mandelmilch wird häufig für ihren vermeintlich hohen Wasserverbrauch kritisiert, insbesondere da der Großteil der weltweit konsumierten Mandeln aus Monokulturen in Kalifornien stammt. Diese Anbauweise erfordert aufgrund des dortigen Klimas und des hohen Wasserbedarfs der Pflanzen eine intensive Bewässerung. Der Anbau in diesen Monokulturen hat weitreichende ökologische Auswirkungen und befeuert die Klima- und Biodiversitätskrise. Jedoch sollte berücksichtigt werden, dass diese Mandeln nicht nur für die Produktion von Mandeldrink, sondern auch für andere Nahrungsmittel sowie den direkten Verzehr genutzt werden. Einige Hersteller setzen inzwischen auf Mandeln aus europäischen Anbaugebieten, was den Wasserverbrauch reduzieren kann (Albert Schweitzer Stiftung für unsere Mitwelt, 2018; Danone Schweiz AG, 2023b).

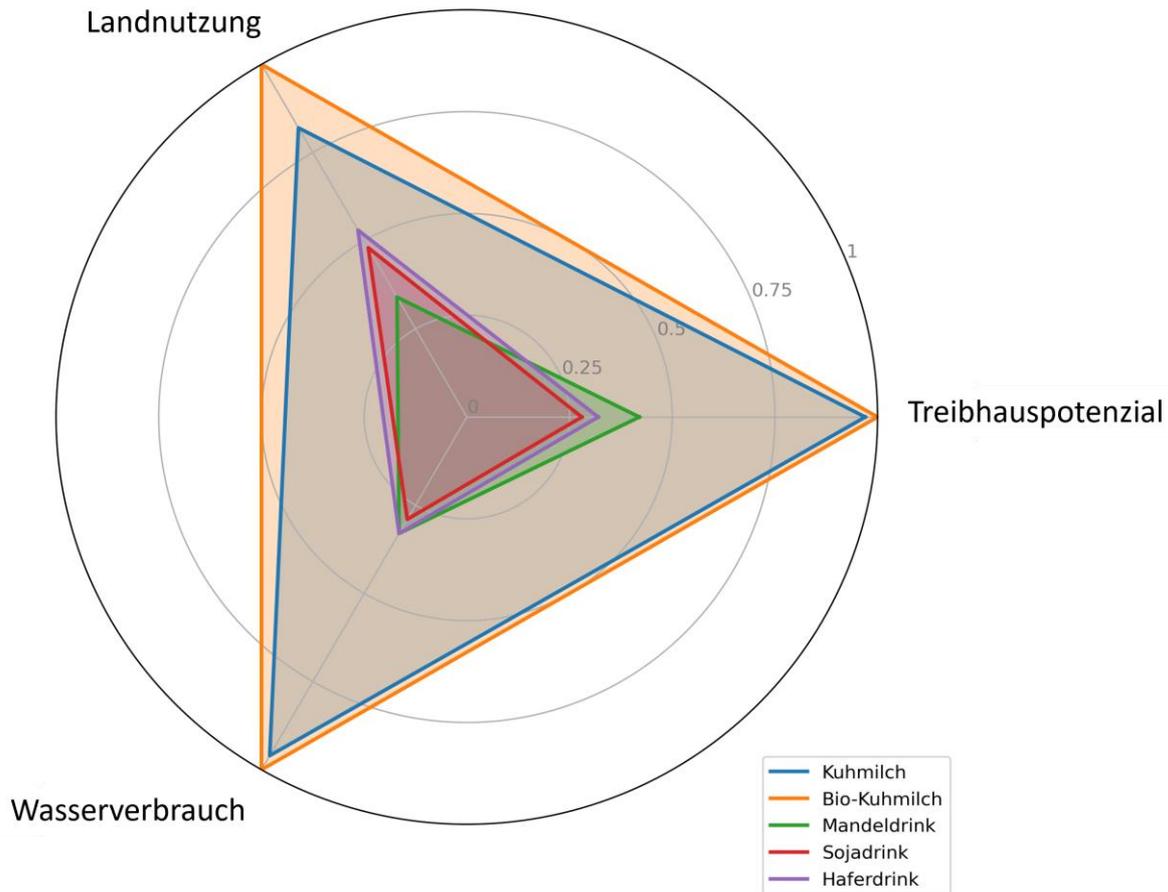


Abbildung 1: Umweltbilanz von Kuhmilch und ihren pflanzlichen Alternativen, normalisiert von 0 bis 1 nach den Werten für Bio-Kuhmilch (Eigendarstellung, basierend auf den Daten von Geburt et al., 2022. Die dort dargestellten Daten wurden aus für Life Cycle Analysen übliche Datenbanken wie der Ecoinvent übernommen und geben durchschnittliche Werte für die Herstellung von Haferdrink, Sojadrink, Kuhmilch in der Schweiz und Bio-Kuhmilch sowie von Mandeldrink in den USA wieder).

Aktuelle Forschung zeigt somit, dass die pflanzlichen Alternativen Soja-, Hafer- und Mandeldrinks in allen hier dargestellten Kategorien der Umweltbilanz besser abschneiden als Kuhmilch (siehe Abbildung 1). Sie weisen niedrigere Treibhausgasemissionen auf, benötigen deutlich weniger Land und sind wesentlich wassersparender. Die in diesem Kapitel dargestellten Umweltauswirkungen beziehen sich jeweils auf einen Liter des fertig verarbeiteten Produkts und auf Berechnungen auf Basis von offen gelegten Daten, wie sie beispielsweise in der Datenbank Ecoinvent enthalten sind. Wie bereits dargestellt unterscheiden sich die Produkte, neben den ökologischen Aspekten, auch erheblich in ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrem Nährstoffgehalt, was nicht nur aus ernährungsphysiologischer Sicht von Bedeutung ist, sondern auch eine weitere Ebene in die Bewertung der Umweltauswirkungen einbringt. So können die Umweltauswirkungen nicht nur pro Liter Endprodukt, sondern auch für das Erreichen verschiedener Mikro- und Makronährstoffe errechnet werden, was bisweilen andere Ergebnisse erbringt.

## 4 Vorschläge für den Unterricht

Nachfolgend werden Vorschläge für den Unterricht vorgestellt, die sich am 5E Modell nach Bybee orientieren; es werden die Phasen Engage, Explore, Explain und Elaborate diskutiert und jeweils Evaluierungsmöglichkeiten im Sinne einer Evaluate-Phase vorgeschlagen (Bybee, 2009; Hofer, Abels & Lembens, 2016). Die Einheit ist grundsätzlich für die Sekundarstufe I konzipiert und kann im fächerverbindenden naturwissenschaftlichen Unterricht durchgeführt werden.

Hinsichtlich des auslaufenden österreichischen Lehrplans für das Fach Chemie in der Sekundarstufe I bedient der vorgestellte Unterrichtsgang im Kernbereich „Biochemie und Gesundheitserziehung“ die Kompetenz „Erste Hinführung zur Entscheidungsfähigkeit betreffend Nahrungs- und Genussmittel“ (BMBF, 2000). Im neuen Lehrplan der Sekundarstufe I findet sich das Thema in den allgemeinen didaktischen Grundsätzen und dem Anwendungsbereich „Bedeutung der Chemie für Alltag, Wirtschaft, Gesundheit und Umwelt sowie die damit verbundene Verantwortung für eine nachhaltige Zukunft“ sowie in den Kompetenzbereichen der Handlungsdimension wieder (BMBWF, 2024b).

Der Unterrichtsentwurf bezieht sich zudem auf den auslaufenden Lehrplan des Faches Biologie und Umweltkunde der Sekundarstufe I, in dem sowohl in den Bildungs- und Lehraufgaben als auch in den didaktischen Grundsätzen die Auseinandersetzung mit Mensch und Gesundheit sowie mit Ökologie und Umwelt vorgegeben werden (BMBWF, 2023).

Im neuen Lehrplan des Faches Biologie und Umweltbildung für die Sekundarstufe I fügt sich der Unterrichtsvorschlag in das übergreifende Thema „Umweltbildung für Nachhaltige Entwicklung“ ein, ebenso in die didaktischen Grundsätze. Das Thema findet sich in zahlreichen Anwendungsbereichen wieder, darunter „ethisches Handeln gegenüber Haustieren“, „Verdauungssystem, bedarfsgerechte Ernährung des Menschen“, „Ökologische Zusammenhänge, Biodiversität und anthropogene Einflüsse im Bereich der Landwirtschaft [...]“, sowie „Globaler Kohlenstoffkreislauf, CO<sub>2</sub>-Eintrag in die Atmosphäre, Klimawandel“. Der Unterrichtsvorschlag rückt die Kompetenzbereiche „Erkenntnisse gewinnen“ sowie „Standpunkte begründen und reflektiert handeln“ in den Vordergrund (BMBWF, 2024a; Müllner et al., 2024). Ideen zur Einbindung der Thematik in die Sekundarstufe II werden im nächsten Kapitel gegeben.

### 4.1 Die Engage-Phase: Einstieg mittels Concept Cartoons

Eine vielfach genutzte Möglichkeit, eine Diskussion anzustoßen, ist der Einsatz eines Concept Cartoons. Hierbei werden verschiedene Aussagen und Meinungen von Charakteren zu einer übergeordneten Fragestellung abgebildet, wobei diese fachlich adäquat sein können oder bekannten oder antizipierten Lernendenvorstellungen ähneln. In Bezug auf die Milchvarianten könnte ein solcher Cartoon diskutieren, welche Milchvariante den für Jugendliche passendsten Nährstoffgehalt hat; außerdem könnte die Klimaschädlichkeit der verschiedenen Nahrungsmittel erfragt und durch die Figuren im Cartoon beantwortet werden. Die Schü-

ler\*innen werden dazu angeregt, die Aussagen zu diskutieren und ihre eigenen Überlegungen einzubringen. Ziel ist es, Vorwissen zu aktivieren und Interesse an der Thematik zu wecken.

## **4.2 Die Explore-Phase: Praktisches Arbeiten zum Nährwertgehalt von Milch und Milchalternativen**

Um Daten zur Beantwortung der Fragestellung „Welche Milchvariante hat für eine ausgewogene Ernährung den ausgeglichensten Nährstoffgehalt?“ zu generieren, können einerseits praktische Versuche und Experimente durchgeführt, andererseits Daten aus der Literatur (Nährwerttabellen, Etiketten der Kuhmilch und Milchalternativen) gesammelt werden. Die Schüler\*innen sollen zumindest drei bis vier verschiedene Varianten analysieren, Beobachtungen notieren und miteinander vergleichen. Außerdem benötigen sie Hintergrundinformationen zum Energie- und Nährstoffbedarf ihrer Altersgruppe, um eine für sie passende Milchvariante auszuwählen.

## **4.3 Die Explain-Phase: Auswertung und Interpretation der Ergebnisse**

Nach den Versuchen bzw. der Recherche werden die gesammelten Daten interpretiert. Hierfür werden die Ergebnisse in einem gemeinsamen Diagramm oder einer Tabelle visualisiert. Es wird verdeutlicht, welche Unterschiede es im Nährstoffgehalt der verschiedenen Milcharten gibt und wie diese in Bezug auf den Nährstoffbedarf bewertet werden können.

## **4.4 Die Elaborate-Phase: Umweltbilanz, bewusste Kaufentscheidung und politische Verantwortung**

Zur Erweiterung des Wissens wird nun der Fokus auf die Nachhaltigkeit der Produkte gelegt: Wie hoch sind die Treibhausgasemissionen für die verschiedenen Milchvarianten und aus welchen Quellen setzen sie sich zusammen? Die Schüler\*innen vergleichen die ökologische Belastung durch den Anbau und die Produktion der verschiedenen Milchsorten, wie z. B. das Treibhauspotential, die Landnutzungsanforderungen und den Wasserverbrauch. Diese Informationen werden entweder recherchiert oder als Materialien zur Verfügung gestellt. Da die Thematik – wie in Abschnitt 3 gezeigt – vielschichtig ist, sollte genügend Raum für Quellenkritik gegeben sein. Als Leitfrage bietet es sich an, die Unterschiede zwischen den Methoden sowie die Datengrundlagen der verschiedenen Studien zu betrachten. Die Ergebnisse einer solchen Recherche helfen, die Umwelt- und Klima-Auswirkungen der Produkte sichtbar zu machen und die Schüler\*innen so zu einer reflektierten Kaufentscheidung zu führen. Hierbei sollen die Schüler\*innen basierend auf den Nährwerten, der Klimabilanz und eigenen Überlegungen Stellung nehmen, welche Milch- oder Milchalternativen sie für sinnvoller halten, und evidenzbasiert für ihre Entscheidung argumentieren (Wlotzka & Menthe, 2024). Im weiteren

Verlauf soll – insbesondere vor dem Hintergrund der Komplexität der Thematik – die Frage nach politischer und individueller Verantwortung gestellt werden. Es kann diskutiert werden, welche Verantwortung die Schüler\*innen als Konsument\*innen tragen. Zudem wird erörtert, inwiefern die Gesamtgesellschaft und politische Entscheidungsträger\*innen Verantwortung übernehmen müssen, um eine gesunde Ernährung für alle Menschen sicherzustellen und gleichzeitig Klima- sowie Umweltschutz zu fördern. Ein besonderer Fokus kann dabei auf die Rahmenbedingungen des direkten Umfeldes der Schüler\*innen gelegt werden, wodurch Handlungspotential, etwa in der Schulkantine, entsteht.

## 5 Diskussion und Implikationen für die Praxis

Vor dem Hintergrund der Klimakrise, der Biodiversitätskrise sowie den Zielen für nachhaltige Entwicklung (SDGs) kommt der Schule eine zentrale Aufgabe zu: Sie soll Schüler\*innen die Werkzeuge an die Hand geben, informierte und verantwortungsbewusste Entscheidungen – sowohl als Konsument\*innen als auch für ihre eigene Gesundheit – treffen zu können. Dieser Artikel bietet eine fachliche Klärung und einen groben Unterrichtsvorschlag zur Thematik „Kuhmilch und pflanzliche Alternativen“ für den naturwissenschaftlichen Unterricht mit Fokus auf Chemie sowie Biologie und Umweltbildung. Das Thema eröffnet zahlreiche Ansatzpunkte, nicht nur auf der chemisch-fachlichen Ebene, sondern auch in Bezug auf Gesundheit, die Klimakrise, die Biodiversitätskrise, Tierethik sowie die Auseinandersetzung mit sozialen und globalen Ungleichheiten.

Die angesprochenen Themenkomplexe bieten zahlreiche Möglichkeiten, Umweltschutz und Klimaschutz im naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren und zu vertiefen; einerseits über die Fach-Lehrpläne, andererseits aber auch über den Grundsatzterlass Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung. Letzterer gilt für alle Schulstufen und Schularten und beschäftigt sich mit allen Aspekten der Beziehung des Menschen zu seiner Umwelt.

Während sich der vorgestellte Unterrichtsvorschlag auf die Sekundarstufe I konzentriert, kann die Thematik auch für die Sekundarstufe II ausgebaut werden. In der gesamten Sekundarstufe II sollen die Schüler\*innen im Fach Biologie und Umweltbildung zu gesundheitsbewusstem, ethischem und umweltverträglichem Handeln befähigt werden, wobei der Mensch als beeinflussender Faktor in Ökosystemen erkannt wird. Verbraucherinnen-Bildung spielt dabei eine zentrale Rolle (BMBF, 2014; BMBWF 2024).

Sowohl im Chemie- als auch im Biologieunterricht in der Sekundarstufe II kann der Fokus einerseits auf die chemische Zusammensetzung von Milch und -alternativen gelegt werden. Hierbei können beispielsweise Struktur-Eigenschafts-Beziehungen betrachtet werden, um herauszuarbeiten, inwiefern Art und Aufbau der Teilchen und Nährstoffdichte zusammenhängen. Andererseits können Treibhausgase thematisiert werden, die in den landwirtschaftlichen Prozessen zur Erzeugung der Milch und der Alternativprodukte entstehen und diese vor dem Hintergrund des menschenverstärkten Treibhauseffekts diskutiert werden.

Im Kontext der Umweltbilanz von Kuhmilch und ihrer Alternativen spielt außerdem Quellenkritik eine bedeutende Rolle, da hier besonders auf Social-Media-Plattformen zahlreiche Fehlinformationen kursieren. Die kritische Reflexion von Originalquellen kann noch stärker ausgeweitet werden; Auch im wissenschaftlichen Bereich gibt es Publikationen, die nicht den Anforderungen guter wissenschaftlicher Praxis entsprechen – die jedoch weit verbreitet und vielfach zitiert sind. Außerdem kann an das Thema Gentechnik in der Landwirtschaft sowie der Lebensmittelproduktion angeknüpft werden (z. B. Krebs, 2024). So ist beispielsweise 75% des Tierfuttersojas in Polen genetisch modifiziert (Sieradzki et al., 2021). Weiterhin können die vorhandenen Hormone in Kuhmilch sowie Phytohormone in pflanzlichen Milchalternativen, wie etwa Progesteron, Östrogen, oder verschiedene Wachstumshormone, behandelt werden. Diese Fragestellungen eröffnen vielfältige Diskussionsansätze, etwa im Zusammenhang mit „Soy-Boys“ und den angeblichen Auswirkungen von Phytohormonen auf das Brustwachstum. Diese Themengebiete bieten damit eine ideale Gelegenheit, fächerübergreifend zu arbeiten und naturwissenschaftliche Inhalte mit gesellschaftlichen Fragen zu verknüpfen, um nachhaltiges Denken und Handeln bei Schüler\*innen zu fördern.

## Literatur

- AGES. (2024). *Sicheres Futter – Sichere Lebensmittel*.  
<https://www.ages.at/tier/futtermittel/futtermittelqualitaet>
- Ahrens, S. (2021). Umfrage zu beliebten Milchalternativen in Deutschland 2021. Statista.  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1054681/umfrage/beliebte-milchalternativen-in-deutschland/>
- Ahrens, S. (2024, 5. Dezember). Statistiken zu Vegetarismus und Veganismus in Österreich. Statista.  
<https://de.statista.com/themen/3804/vegetarismus-und-veganismus-in-oesterreich/#topicOverview>
- Albert Schweitzer Stiftung für unsere Mitwelt. (2018). Zur Ökobilanz von Pflanzenmilch.  
<https://albert-schweitzer-stiftung.de/aktuell/oekobilanz-pflanzenmilch>
- BMBF. (2014). Grundsatzlerlass Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung.
- BMBF. (2000). *Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, Fassung vom 01.08.2024. BGB1. II Nr. 133/2000*.
- BMBWF. (2023). *Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, Fassung vom 25.07.2023. BGB1. II Nr. 1/2023*.
- BMBWF. (2024a). *Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, Fassung vom 01.08.2024. BGB1. II Nr. 239/2023*.
- BMBWF. (2024b). Lehrpläne NEU für Primar- und Sekundarstufe I: Materialien zu den Unterrichtsgegenständen. <https://www.paedagogikpaket.at/massnahmen/lehrplaene-neu/materialien-zu-den-unterrichtsgegenst%C3%A4nden.html>

- BML. (n.d.). *Österreich und Frankreich wollen Sojaimporte aus Übersee reduzieren*.  
<https://info.bml.gv.at/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-in-oesterreich/pflanzliche-produktion/oesterreich-und-frankreich-wollen-sojaimporte-aus-uebersee-reduzieren.html>
- Bussa, M., Rocha, C., Jungbluth, N., & Meili, C. (2024). *Ökobilanz von Kuhmilch und pflanzlichen Drinks—Update 2024*. ESU-services GmbH. <https://esu-services.ch/fileadmin/download/bussa-2024-LCA-Milch-Drinks-Update.pdf>
- Bybee, R.W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21<sup>st</sup> century skills*. CO: BSCS.
- Campbell, B. M., Beare, D. J., Bennett, E. M., Hall-Spencer, J. M., Ingram, J. S. I., Jaramillo, F., Ortiz, R., Ramankutty, N., Sayer, J. A., & Shindell, D. (2017). Agriculture production as a major driver on the earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*, 22(4).
- Curry, A. (2013). Neolithische Revolution: Die Milch-Revolution. *Spektrum.de*. Abgerufen 17. Dezember 2024, von <https://www.spektrum.de/news/die-milch-revolution/1203870/>
- Danone Österreich. (2023a, November 24). Alpro: Lasst uns über Soja reden. Alpro.com. <https://www.alpro.com/at/ingredient/soja/>
- Danone Schweiz AG. (2023b, November 24). Alpro: Mandeldrink Ohne Zucker. Alpro.com. <https://www.alpro.com/chde/produkte/drinks/mandeldrinks/mandeldrink-ohne-zucker/>
- DerStandard. (2022, November 30). Latte macchiato mit Hafer- statt Kuhmilch: Tiroler Bauern toben. DerStandard. Abgerufen am 12. Januar 2025, von <https://www.derstandard.at/story/2000141349997/latte-macchiato-mit-hafer-statt-kuhmilch-tiroler-bauern-toben>
- Fink-Keßler, A. (2013). *Milch: Vom Mythos zur Massenware*. Oekom-Verl.
- Geburt, K., Albrecht, E. H., Pointke, M., Pawelzik, E., Gerken, M., & Traulsen, I. (2022). A Comparative Analysis of Plant-Based Milk Alternatives Part 2: Environmental Impacts. *Sustainability*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/su14148424>
- Grassauer, F., Herndl, M., Iten, L., & Gaillard, G. (2022). Environmental Assessment of Austrian Organic Dairy Farms With Closed Regional Production Cycles in a Less Favorable Production Area. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 817671. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.817671>
- Hofer, E., Abels, S. & Lembens, A. (2016). Forschendes Lernen und das 5E-Modell. *plus lucis*, 1, 4.
- i.m.a e.V. (Hrsg.). (2022). Milchiges aus Pflanzen. *lebens.mittel.punkt*, 38, 21–25.
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, <https://www.doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>
- Khare, A., Kessler, D., & Wirsam, J. (Hrsg.). (2018). *Marktorientiertes Produkt- und Produktionsmanagement in digitalen Umwelten*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21637-5>
- Krebs, R. E. (2024). Wer hat Angst vor GMOs? Naturwissenschaftliches Grundwissen über Lebensmittel als wichtiger Bestandteil der Futures Literacy und Health Literacy. *#schuleverantworten*, 4(4), 111–115. <https://doi.org/10.53349/schuleverantworten.2024.i4.a492>

- Martin, K., & Hanson, B. D. (2023). Determining how almond (*Prunus dulcis*) harvest and processing contributes to low levels of glyphosate and glufosinate residues in almonds. *Weed Science*, 71(1), 69–76. <https://doi.org/10.1017/wsc.2022.67>
- Müllner, B., Nowak, E., & Wenzl, I. (2024). *Kommentar zum Fachlehrplan Biologie und Umweltbildung (Mittelschule/AHS-Unterstufe)*. <https://www.paedagogikpaket.at/component/edocman/455-kommentar-zum-lehrplan-2/download.html?Itemid=0>
- Ofterdinger, J., & Granzow, M. (2022). *Entwaldungs- und umwandlungsfreie Lieferketten: Herausforderungen und Lösungsansätze am Beispiel von brasilianischem Soja* (1. Auflage). Umweltstiftung WWF - Deutschland.
- ORF Tirol. (2022, November 29). Hafer-Macchiato lässt Bauern schäumen. *ORF*. Abgerufen am 12. Januar 2025, von <https://tirol.orf.at/stories/3184337/>
- Oxford English Dictionary OED. (2024). Vegetarian, N. & Adj., Etymology. *Oxford English Dictionary*, Oxford UP, <https://doi.org/10.1093/OED/8207743386>
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
- ProVeg e.V. (Hrsg.). (2019). Pflanzenmilch-Report. [https://proveg.com/de/wp-content/uploads/sites/5/2019/10/PV\\_Pflanzenmilch-Report\\_281019-final.pdf/](https://proveg.com/de/wp-content/uploads/sites/5/2019/10/PV_Pflanzenmilch-Report_281019-final.pdf/)
- Rehm, C., & Drewnowski, A. (2017). Replacing American snacks with tree nuts increases consumption of key nutrients among US children and adults: Results of an NHANES modeling study. *Nutrition Journal*, 16. <https://doi.org/10.1186/s12937-017-0238-5>
- Rinderzucht Austria. (2024). *Jahresbericht 2024*. <https://www.rinderzucht.at/downloads/jahresberichte.html>
- Scarborough, P., Clark, M., Cobiac, L., Papier, K., Knuppel, A., Lynch, J., Harrington, R., Key, T., & Springmann, M. (2023). Vegans, vegetarians, fish-eaters and meat-eaters in the UK show discrepant environmental impacts. *Nature Food*, 4(7), 565-574. <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00795-w>
- Töpel, A. (2004). *Chemie und Physik der Milch: Naturstoff, Rohstoff, Lebensmittel* ([3., neubearb. Aufl.], 1. Aufl.). Behr’s.
- Sieradzki, Z., Mazur, M., Król, B. & Kwiatek, K. (2021). Prevalence of Genetically Modified Soybean in Animal Feedingstuffs in Poland. *J Vet Res.*, 65(1), 93–99. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2021-0012>
- Sippl, C., Rauscher E. & Scheuch, M. (Hrsg.) (2020). *Das Anthropozän lernen und lehren*. Innsbruck, Wien: Studienverlag, 2020. (Pädagogik für Niederösterreich, 9)  
DOI: <https://doi.org/10.53349/oa.2022.a2.130>
- Szczepanski, L., Rötter, C., & Fiebelkorn, F. (2023). Einstellungen, Motive und Werteorientierungen von Schüler/-innen zum Konsum pflanzlicher Milchalternativen. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB), Ludwigsburg.
- Vegan.at. (n.d.). *Definition von Veganismus*. Vegan.at. Abgerufen am 12. Januar 2025, von <https://www.vegan.at/inhalt/definition-von-veganismus#:~:text=Veganismus%20ist%20eine%20Lebensweise%2C%20die,tierfreien%20Alternativen%20zu%20Gunsten%20von>

- Verbraucherzentrale NRW. (2021). Hafer, Kokos, Mandel, Reis, Soja: Milchersatzprodukte unter der Lupe. <https://www.verbraucherzentrale.nrw/wissen/lebensmittel/kennzeichnung-und-inhaltsstoffe/hafer-kokos-mandel-reis-soja-milchersatzprodukte-unter-der-lupe-62593>
- Vereinte Nationen (2023). *17 Ziele für nachhaltige Entwicklung*. <https://unric.org/de/17ziele>
- 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. 1037/2001 und (EG) Nr. 1234/2007 des Rates.
- Weiß, J., Pabst, W., Strack, K. E., & Granz, S. (2005). Tierproduktion (13., überarbeitete Auflage). Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b-002-33697>
- Werner, R. J. (2023). *Milch neu denken: Zur ethischen Beurteilung von Kuhmilch-Konsum angesichts von Tierleid und Mitweltzerstörung* (Dissertation, Karl-Franzens-Universität Graz). Institut für Ethik und Gesellschaftslehre, Katholisch-Theologische Fakultät. Verfügbar unter: <https://unipub.uni-graz.at/obvugrhs/content/titleinfo/8591767/full.pdf>
- Winter, V., Wenzl, I., Amon, H., Pürstinger, A., Schleritzko, J., & Möller, A. (2023). Klimakrise und Ernährung - Wie klimagerecht essen wir? [Climate Crisis and Nutrition - How climate-conscious are we eating?]. *BU Praktisch*, 6(1).
- Wlotzka, P., & Menthe, J. (2024). Bewertungskompetenz vermitteln im Chemieunterricht. *Unterricht Chemie*, 2024(199), 2–8.
- Zalasiewicz, J., Adeney Thomas, J., Waters, C. N., Turner, S., & Head, M. J. (2024). What should the Anthropocene mean? *Nature*, 632, 980–984. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-02712-y>
- Zamecnik, G., Schweiger, S., Lindenthal, T., Himmelfreundpointner, E., & Schlatzer, M. (2021). Klimaschutz und Ernährung – Darstellung und Reduktionsmöglichkeiten der Treibhausgasemissionen von verschiedenen Lebensmitteln und Ernährungsstilen (S. 112) [Endbericht]. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich. Abgerufen 24. November 2024, von [https://orgprints.org/id/eprint/42833/1/studie\\_klimaschutz\\_ernaehrung\\_2111.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/42833/1/studie_klimaschutz_ernaehrung_2111.pdf)

<sup>1</sup> Dass dies in Österreich sehr ernst genommen wird, zeigt u.a. die Reaktion der Tiroler Landwirtschaftskammer auf den Werbespot „Herzliches Tirol“ der Tirol Werbung. Die Landwirtschaftskammer empörte sich darüber, dass in dem Video ein Krampus einen Kaffee mit „Hafermilch“ bestellt, obwohl pflanzliche Milchalternativen nicht als „Milch“ bezeichnet werden dürfen (ORF Tirol, 2022; Der Standard, 2022).

<sup>2</sup> Laut Daten der Rinderzucht Austria (2023) werden beispielsweise 6,5% des Fleckviehs, 27,5% der Rasse Brown Swiss, 6,2% der Rasse Holstein Friesian, 23,4% der Rasse Original Pinzgauer und 48,7% des Grauviehs (zeitweise) auf alpinen Weiden gehalten.