

Impressum

Zitiervorschlag	Maresa Bussa;Martina Eberhart;Niels Jungbluth;Christoph Meili (2020) Ökobilanz von Kuhmilch und pflanzlichen Drinks. ESU-services GmbH im Auftrag von WWF Schweiz, Schaffhausen, Schweiz, www.esu-services.ch/de/publications/ ESU-services GmbH Vorstadt 14, CH-8200 Schaffhausen
Auftragnehmer	Tel. 0041 44 940 61 32 jungbluth@esu-services.ch www.esu-services.ch
Auftraggeber	WWF Schweiz Sylvia Meyer Senior Manager Sustainable Markets Hohlstrasse 110, Postfach, 8010 Zürich Sylvia.Meyer@wwf.ch Telefon: +41 44 297 21 21
Stichwörter	Milch;Drinks;Vegan;Ökobilanz;Hafer;Reis;Mandeln
Kurztext	In dieser Studie werden die Umweltbelastungen von pflanzlichen Drinks aus verschiedenen Rohstoffen mit denen von Kuhmilch verglichen. Pro Liter sind diese häufig umweltfreundlich. In Bezug auf die enthaltenen Nährstoffe schneiden sie teilweise schlechter ab. ESU-services GmbH wurde im Jahre 1998 gegründet. Die Hauptaktivitäten der Firma sind Beratung, Forschung, Review und Ausbildung im Bereich Ökobilanzen. Fairness, Unabhängigkeit und Transparenz sind wesentliche Merkmale unserer Beratungsphilosophie. Wir arbeiten sachbezogen und führen unsere Analysen unvoreingenommen durch. Wir dokumentieren unsere Studien und Arbeiten transparent und nachvollziehbar. Wir bieten eine faire und kompetente Beratung an, die es den Auftraggebern ermöglicht, ihre Umweltperformance zu kontrollieren und kontinuierlich zu verbessern. Zu unseren Kunden zählen verschiedene nationale und internationale Firmen, Verbände und Verwaltungen. In einigen Bereichen wie Entwicklung und Betrieb webbasierter Ökobilanz-Datenbanken oder Umweltauswirkungen von Nahrungsmitteln und Konsummustern konnte unser Team Pionierarbeit leisten.
Über uns	
Urheberrecht	Soweit nicht anders vermerkt bzw. direkt vereinbart sind sämtliche Inhalte in diesem Bericht urheberrechtlich geschützt. Das Kopieren oder Verbreiten des Berichts als Ganzes oder in Auszügen, unverändert oder in veränderter Form ist nicht gestattet und Bedarf der ausdrücklichen Zustimmung von ESU-services GmbH oder des Auftraggebers. Der Bericht wird auf der Website www.esu-services.ch und/oder derjenigen des Auftraggebers zum Download bereitgestellt. Aus dem Inhalt dieses Berichtes hervorgehende Veröffentlichungen, welche Resultate und Schlussfolgerungen daraus nur teilweise und nicht im Sinne des Gesamtberichtes darstellen, sind nicht erlaubt. Insbesondere dürfen solche Veröffentlichungen diesen Bericht nicht als Quelle angeben oder es darf nicht anderweitig eine Verbindung mit diesem Bericht oder dem Auftragnehmer hergestellt werden können. Für Forderungen ausserhalb des oben genannten Rahmens lehnen wir jegliche Verantwortung gegenüber dem Auftraggeber sowie Dritten ab. Es ist nicht gestattet, den Bericht oder Teile davon auf anderen Websites bereitzustellen. In veränderter Form bedarf die Weiterverbreitung der Inhalte der ausdrücklichen Genehmigung durch ESU-services GmbH. Zitate, welche sich auf diesen Bericht oder Aussagen der Autoren beziehen, sollen den Autoren vorgängig zur Verifizierung vorgelegt werden.
Haftungsausschluss	Die Informationen und Schlussfolgerungen in diesem Bericht wurden auf Grundlage von als verlässlich eingeschätzten Quellen erhoben. Die Erstellung erfolgte im Rahmen der vertraglichen Abmachung mit dem Auftraggeber unter Berücksichtigung der Vereinbarung bezüglich eingesetzter Ressourcen. ESU-services GmbH und die Autoren geben keine Garantie bezüglich Eignung, oder Vollständigkeit der im Bericht dargestellten Informationen. ESU-services GmbH und die Autoren lehnen jede rechtliche Haftung für jede Art von direkten, indirekten, zufälligen oder Folge-Schäden oder welche Schäden auch immer, ausdrücklich ab.
Inhaltliche Verantwortung	Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die AutorInnen dieses Berichts verantwortlich.
Version	16.07.20 15:17 https://esuserVICES-my.sharepoint.com/personal/mitarbeiter1_esuserVICES_onmicrosoft_com/Documents/222 WWF/222 2020 milk drinks/Bericht/bussa-2020-LCA-Milk-Drinks-v2.0.docx

Inhalt

INHALT	II
1 AUSGANGSLAGE UND FRAGESTELLUNG	1
2 METHODIK FÜR ÖKOBILANZEN	1
2.1 ISO 14040-44 (Produktökobilanzen)	2
2.2 ISO 14072 (Ökobilanz von Unternehmen)	3
2.3 Transparenz und Glaubwürdigkeit	3
3 ZIELDEFINITION	4
3.1 Funktionelle Einheit	4
3.2 Geographische Rahmenbedingungen	4
3.3 Bewertung der Sachbilanzergebnisse	4
3.4 Hinweis bezüglich ISO-Konformität der Studie	5
4 DATENERHEBUNG UND MODELLIERUNG DER SACHBILANZ	5
5 AUSWERTUNG UND INTERPRETATION	9
5.1 Vergleich pro Liter Getränk bis zum Schweizer Supermarkt	9
5.1.1 Gesamtumweltbelastungen pro Liter Getränk	9
5.1.2 Beitrag zum Klimawandel pro Liter Getränk	17
5.1.3 Beurteilung der Umweltbelastungen im Bezug zum Nährstoffgehalt	20
5.1.4 Beurteilung von Klimaänderungspotential im Bezug zum Nährstoffgehalt	25
5.2 Vergleich von Milch und Drinks im Haushalt	30
5.3 Unsicherheitsanalysen	30
6 SCHLUSSFOLGERUNGEN	31
6.1 Allgemein	31
6.2 Cashewdrink	32
7 LITERATUR	32
A. ANHANG BEWERTUNGSMETHODEN IN ÖKOBILANZEN	35
A.1 Klimaänderungspotenzial	35
A.2 Methode der ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte) (2013)	36
B. ANHANG SACHBILANZDATEN	39
B.1 Hintergrunddatenbank	39

1 Ausgangslage und Fragestellung

ESU-services hat über die letzten 25 Jahre eine umfangreiche Datenbank mit Sachbilanzdaten zur Nahrungsmittelproduktion aufgebaut (Jungbluth et al. 2020a). Dafür wurden bereits verschiedene Datensätze zu Milch-Getränken und pflanzlichen Drinks (Soja-, Reis-, Mandel-, Haferdrinks) aufgenommen und bezüglich verursachter Umweltbelastungen, entlang des Produktlebenszyklus, genauer untersucht.¹

Der WWF Schweiz wird im Rahmen seiner Firmenzusammenarbeit im Retail-Sektor und mit Nahrungsmittelproduzenten, sowie im Rahmen der Konsumenteninformation und Medienarbeit häufig mit Fragen zu Kuhmilchprodukten und pflanzlichen Alternativen konfrontiert.

Mit der vorliegenden Studie werden einige dieser häufig gestellten Fragen beantwortet. Eine Kurzbeschreibung des Projektes inklusive Fragestellungen wird in Tab. 1.1 gezeigt.

Tab. 1.1 Übersicht zum Projekt

Titel		Ökobilanz von Kuhmilch und pflanzlichen Drinks
Auftraggeber		WWF Schweiz
Untersuchte Produkte		Vergleich von Kuhmilch mit verschiedenen pflanzlichen Drinks: Vollmilch (3.8% Fett), und UHT & Trinkmilch (2.5% Fett) aus roher Kuhmilch Soja-, Reis-, Mandel-, Hafer-, Dinkel-, Cashew-, und Lupinendrink.
Funktionelle Einheit		1 Liter Getränk ab Supermarkt Als Referenz für Nährwertanalysen wird folgendes berücksichtigt: Proteingehalt von 3 Portionen Milch á 2 dl (20g Protein) Kalziumgehalt von 3 Portionen Milch á 2 dl (0.75 g Kalzium)
Fragestellung		Folgende Fragen werden mit der Studie beantwortet: Ist die Bereitstellung der untersuchten pflanzlichen Getränke allgemein umweltschonender als diejenige der untersuchten Kuhmilchvarianten? Woher stammen die grössten Umweltbelastungen bei der Produktion und dem Vertrieb der Getränke? Welche Faktoren spielen bei der Beurteilung eine Rolle?
Bilanzraum		Landwirtschaftliche Produktion, Transport in die Schweiz, Lagerung, Kühlung, Verkauf, inkl. der üblichen Verpackung (Cradle-to-gate)
Software		SimaPro 9.0
Datenbanken		ESU 2020; Jungbluth et al. 2020a
Umweltbewertung		Methode der ökologischen Knappheit (UBP) 2013 (Frischknecht et al. 2013) Carbon Footprint (IPCC 2013) inklusive zusätzlicher Einflüsse von Flugtransporten (Jungbluth & Meili 2019)
Standards		ISO 14040 (International Organization for Standardization (ISO) 2006a, b)
Vergleichende Studie		Ja.
Publikation		Ja. Die Studie soll für Medienarbeit und zur Information von Konsumenten eingesetzt werden.
Dokumentation		Schlussbericht (Deutsch)
Kritische Prüfung		Interne Validierung durch Niels Jungbluth

2 Methodik für Ökobilanzen

Für die Erstellung von Ökobilanzen von Produkten, Dienstleistungen und zu Organisationen gibt es mehrere internationale Standards. Die wichtigsten Vorgehensweisen und Aspekte gemäss der ISO

¹ <http://esu-services.ch/de/projekte/lcafood/getraenke/>

Normen werden in diesem Kapitel vorgestellt. Das genaue Vorgehen für diese Studie wird in den darauffolgenden Kapiteln 3 und 4 dargestellt.

2.1 ISO 14040-44 (Produktökobilanzen)

Die ursprüngliche Ökobilanz bzw. das Life Cycle Assessment (LCA) ist eine Methode zur Abschätzung der mit einem Produkt² verbundenen Umweltauswirkungen. Die Ökobilanz beruht auf einem Lebenszyklus-Ansatz. Damit werden die Umweltauswirkungen eines Produktes von der Rohstoffentnahme über Fertigung und Nutzung bis zur Entsorgung des Produktes und der Produktionsabfälle (von der Wiege bis zur Bahre, „cradle to grave“) erfasst und beurteilt.

Eine Ökobilanz lässt sich gemäss ISO 14040 grob in vier Phasen unterteilen (siehe Fig. 2.2.1):

1. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens
2. Sachbilanz
3. Wirkungsabschätzung
4. Auswertung

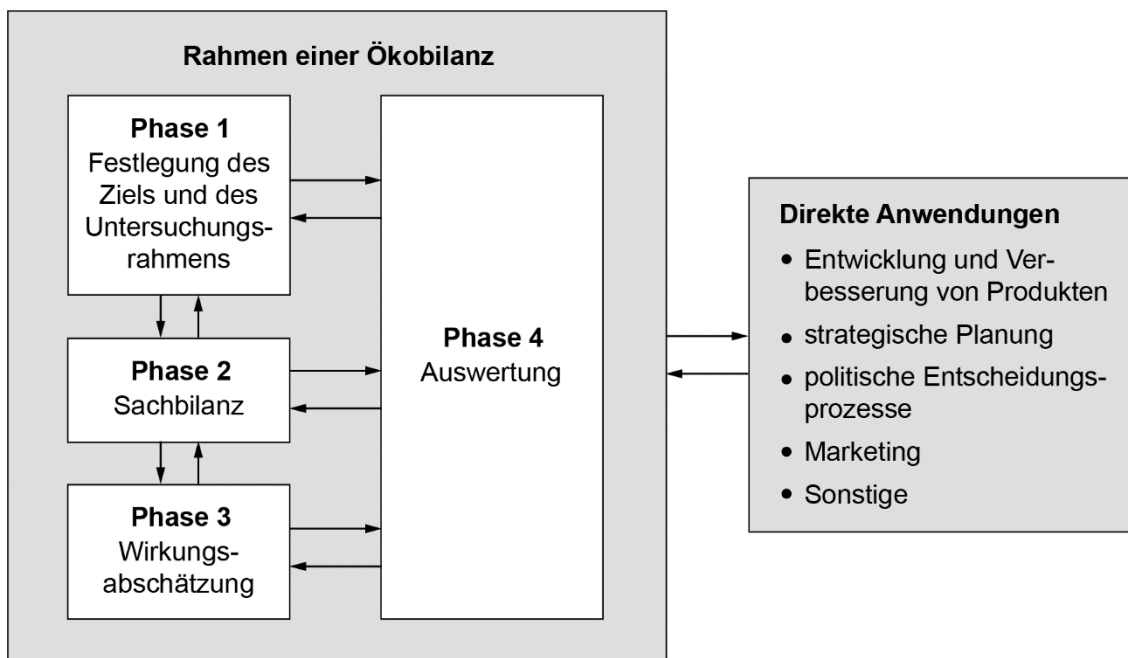


Fig. 2.2.1 Bestandteile einer Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA); Bezeichnungen in Deutsch (International Organization for Standardization (ISO) 2006a)

Die *Zieldefinition* (Phase 1) enthält die Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes, und die Definition der Bezugsgrösse, der sogenannten funktionellen Einheit. Zudem werden diejenigen Umweltaspekte definiert, die bei Wirkungsabschätzung und der Interpretation berücksichtigt werden sollen. Der *Untersuchungsrahmen* wird abgesteckt, indem die Modellierungsweise und die für ein Produkt massgebenden Prozesse bestimmt und beschrieben werden.

In der *Sachbilanz* (=Ökoinventar, Phase 2) werden die Umwelteinwirkungen³ und der Bedarf an Halbfabrikaten, Hilfsstoffen und Energie der am Produktlebenszyklus beteiligten Prozesse erfasst

² Der Begriff Produkt schliesst hier Dienstleistungen mit ein.

³ Ressourcennutzung und Schadstoffemissionen.

und zusammengestellt. Diese Daten werden in Bezug zum Untersuchungsgegenstand, der funktionellen Einheit gesetzt. Das Ergebnis der Sachbilanz sind die kumulierten Stoff- und Energieflüsse, die durch das Bereitstellen der funktionellen Einheit ausgelöst werden.

Ausgehend von der Sachbilanz wird die *Wirkungsabschätzung* (Phase 3) durchgeführt. Gemäss ISO 14040 wird die Wirkungsabschätzung in verschiedene Teilschritte unterteilt. Die ISO 14044 legt weder spezifische Verfahren fest, noch unterstützt sie die zugrunde liegenden, für die Ordnung der Wirkungskategorien verwendeten Werthaltungen. Die Werthaltungen und Beurteilungen innerhalb der Wirkungsabschätzung liegen in alleiniger Verantwortung des Autors und Auftraggebers der Studie.

In der *Auswertung* (Phase 4) werden die Resultate der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung entsprechend dem festgelegten Ziel und dem Untersuchungsrahmen der Ökobilanz zusammengefasst. Es werden Schlussfolgerungen gezogen und Empfehlungen formuliert.

2.2 ISO 14072 (Ökobilanz von Unternehmen)

Eine Erweiterung der ISO 14040 Norm bildet die ISO 14072 Norm. Diese legt Regeln für sogenannte Organisationsökobilanzen (OLCA) fest. Diese stellen sich etwas anders dar, da viele Umwelteinwirkungen ausserhalb der Organisation entstehen (upstream und downstream Prozesse) können. Die Umwelteinwirkungen beziehen sich bei dieser Art der Bilanzierung nicht auf eine funktionale Einheit, sondern auf eine Berechnungseinheit. Dies erlaubt es, verschiedene Prozesse in einer Organisation zusammenzufassen und stellt eine Referenz für die Input und Output Prozesse dar. Diese Art der Ökobilanz lässt sich auf jede Art von Organisation über einen festgelegten Zeitraum anwenden.

Der Ablauf der vier Phasen entspricht im Wesentlichen derjenigen nach ISO 14040.

Die *Zieldefinition* enthält den Verwendungszweck, den Grund, wieso die Ökobilanz durchgeführt wird, das Zielpublikum und ein Statement, dass die Ergebnisse der Studie nicht dazu bestimmt sind, vergleichende, der Öffentlichkeit zugängliche Aussagen zu machen. Zusätzlich muss der *Untersuchungsrahmen* definiert werden. Dabei sollen alle Inputs und Outputs der Tätigkeit der Organisation beachtet werden. Eine komplette «cradle to grave» Untersuchung beinhaltet auch die «use» und «end of life» Phasen der hergestellten Produkte bzw. Dienstleistungen. Wenn die Organisation darauf keinen Einfluss hat, kann eine «cradle to gate» Untersuchung durchgeführt werden. Diese klammert dann diese beiden Phasen aus.

Eine Organisation kann mehrere Produktionsstätten beinhalten, für die Ökobilanz werden diese konsolidiert. Eine doppelte Nennung einer Produktionsstätte soll dabei vermieden werden. Beachtet werden muss, dass eine Aggregation der OLCAs aller Zulieferer zu einem falschen Resultat führen würde, da sich nicht alle Inputs und Outputs auf diese Weise korrekt allozieren lassen. Aus diesem Grund wird im Allgemeinen auch für OLCA eine Produkt-Perspektive eingenommen.

2.3 Transparenz und Glaubwürdigkeit

Die ISO-Normen 14040 "Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen" und 14044 "Umweltmanagement – Ökobilanzanforderungen und Anleitungen" (International Organization for Standardization (ISO) 2006a, b) beschreiben die Vorgehensweise bei der Erarbeitung einer Ökobilanz. Die Normen-Texte beschränken sich in der Regel auf Zielvorgaben und überlassen die Wahl der geeigneten Mittel den Ökobilanz-Praktikern. In einzelnen Fällen werden jedoch konkrete und detaillierte Vorgaben gemacht. Dies ist z.B. bei den Anforderungen an die Berichterstattung oder das Durchführen eines kritischen Prüfverfahrens der Fall.

Es muss hier aber darauf hingewiesen werden, dass die Durchführung von Ökobilanzen nicht nach ISO 14040ff erfolgen *muss*. Es handelt sich um eine Norm die freiwillig eingehalten werden kann und damit mit dem Zusatz «erstellt nach ISO 14040ff» versehen werden darf.

Dieser Zusatz unterstützt die Glaubwürdigkeit der Studie und ermöglicht es die Resultate dieser Studie leichter mit anderen Studien, welche ebenfalls nach dem Standard erstellt wurden, zu vergleichen.

Wird eine Studie mit dem Ziel einer vergleichenden Aussage⁴ veröffentlicht, ist eine kritische Prüfung notwendig, um die ISO-Normen 14040 und 14044 vollständig zu erfüllen. Ausserdem darf der Vergleich in diesem Spezialfall nicht alleine auf Basis von vollaggregierenden Methoden (wie z.B. die Methode der ökologischen Knappheit, ReCiPe, Eco-indicator 99) erfolgen. In vollaggregierenden Methoden werden verschiedene Umwelteinflüsse, basierend z.B. auf politischen Interessen, gewichtet. Die Verfasser der ISO-Standards sehen darin ein erhöhtes Risiko für Fehlinterpretationen.

Gemäss unserer Ansicht ist dies jedoch auch bei der Nutzung von nicht aggregierten Resultaten möglich, da Leser die unterschiedlichen Umwelteinflüsse von z.B. 1 kg Phosphat-Äquivalent und 1kg CO₂-Äquivalent evtl. gleich gewichten könnten.

Da die meisten Studien nicht diesem Ziel verfolgen kann ein Disclaimer eingesetzt werden: «Eine vergleichende Aussage im Sinne der ISO Norm d.h. eine Umweltaussage zur Überlegenheit oder Gleichwertigkeit eines Produktes im Vergleich zu einem Konkurrenzprodukt mit dem gleichen Verwendungszweck wird hier nicht angestrebt. Damit entfällt die Notwendigkeit für ein Review oder eine Einschränkung hinsichtlich der Verwendung von vollaggregierenden Indikatoren.»

3 Zieldefinition

Soweit möglich erfolgt die Festlegung der Systemgrenzen in Anlehnung an die ISO 14044 Norm für Ökobilanzen (International Organization for Standardization (ISO) 2006a, vgl. Kapitel 2.1) und an die ecoinvent Methodik (Frischknecht et al. 2007).

Eine weitere wichtige Grundlage für die Zieldefinition ist der Bericht über die Umweltauswirkungen eiweisshaltiger Produkte (Jungbluth et al. 2016).

3.1 Funktionelle Einheit

Als Teil der Zielsetzung wird die funktionelle Einheit definiert, für die die Umweltbelastungen untersucht werden. Dazu werden die Vorgaben aus Tab. 1.1 genauer spezifiziert.

Es werden drei funktionelle Einheiten definiert:

- Konsum von 1 Liter Trinkmilch oder pflanzlichem Drink, gekühlt, ab Supermarkt
- Konsum von 20 g Protein⁵ in Milch oder pflanzlichem Drink, ab Supermarkt
- Konsum von 0.75 g Kalzium⁶ in Milch oder pflanzlichem Drink, gekühlt, ab Supermarkt.

3.2 Geographische Rahmenbedingungen

Produktion der pflanzlichen Rohstoffe und Futtermittel in verschiedenen Ländern. Verkauf und Konsum in der Schweiz.

3.3 Bewertung der Sachbilanzergebnisse

Für die Studie werden die Bewertungsgrössen gemäss Tab. 1.1 verwendet⁷:

⁴ Umweltaussage zur Überlegenheit oder Gleichwertigkeit eines Produktes im Vergleich zu einem Konkurrenzprodukt mit dem gleichen Verwendungszweck

⁵ Entspricht 3 Portionen Vollmilch à 2 dl bzw. 20% des Tagesproteinbedarfs einer 80kg schweren Person, vgl. <http://www.sge-ssn.ch/media/Proteine-2019.pdf>

⁶ Entspricht 3 Portionen Vollmilch à 2dl bzw. 75% der Tageskonsumempfehlung einer 80kg schweren Person, vgl. <http://www.sge-ssn.ch/media/Calcium-2019.pdf>

⁷ Eine detaillierte Beschreibung der häufig genutzten Bewertungsmethoden für Umweltbelastungen steht auf <http://esu-services.ch/de/address/angebote/> und im Anhang A zur Verfügung.

- Bewertung verschiedener Arten von Umweltbelastungen in Luft, Wasser und Boden mit der Methode der ökologischen Knappheit (UBP) 2013 (Frischknecht et al. 2013).
- Global Warming Potential, kurz GWP, welches auch unter den Namen Carbon Footprint bzw. Treibhausgasemissionen bekannt ist (IPCC 2013), für einen Betrachtungszeithorizont von 100 Jahren, inklusive zusätzlicher Einflüsse von Flugtransporten (Jungbluth & Meili 2019). Derzeit das wichtigste Umweltthema.

3.4 Hinweis bezüglich ISO-Konformität der Studie

Die Ökobilanz wird soweit möglich in Anlehnung an die ISO-Normen 14040ff erstellt. Eine Veröffentlichung ist vorgesehen. Ein externes Review wurde nicht durchgeführt.

4 Datenerhebung und Modellierung der Sachbilanz

Die Datenerhebung erfolgt vor allem auf Grundlage von nationalen Importstatistiken, Herstellerangaben und Literaturwerten für folgende Abschnitte des Lebenszyklus.

- Landwirtschaftliche Produktion pro Hektar/pro Vieheinheit (Ertrag, Wasserbedarf und Quelle, Wasserableitung, Düngemittel, Pestizide, Dieselverbrauch, Strombedarf für Bewässerung).
- Import der Rohstoffe, bzw. Futtermittel in die Schweiz (Annahme: 100% per Schiff bzw. Lkw) bis zum Zentrallager (Umschlagorte, Verkehrsmittel, Art der Kühlung), Energiebedarf Zentrallager (Strom, Kühlung) und durchschnittliche Distanz bis zum Verkaufsort.
- Durchschnittliche Herkunft der Futtermittel und Rohstoffe (Anteil der häufigsten Lieferländer)
- Verarbeitung und Verpackung
- Distribution zum Verkaufsort: Standardannahmen.
- Kühlung bei Transport, Lagerung und im Haushalt: Nur Kuhmilchgetränke (ausgenommen UHT-Milch), als durchschnittliche Zeitspanne werden hierfür 3.5 Tage angenommen.

Auf Basis der Herstellerangaben für Zutaten der pflanzlichen Drinks wurden Durchschnittsprodukte gebildet, welche in Tab. 4.1 dargestellt sind. Der Anbau der Rohstoffe, mit Ausnahme der Cashewkerne, sowie die Verarbeitung finden in Europa statt. In dieser Studie wurde lediglich die Verwendung von konventionell angebauten Pflanzen bilanziert. Es wird zudem unterschieden zwischen nicht angereicherten Naturdrinks und angereicherten Drinks, die in den Ergebnissen separat dargestellt werden.

Tab. 4.2 zeigt die dafür verwendeten Zusatzstoffe der verschiedenen Hersteller. Vitamine, in Form von B2, B12 und D2, werden nur von wenigen Herstellern zugefügt und wurden daher in dieser Studie nicht betrachtet. Der Kalziumgehalt wird bei den angereicherten Drinks an den Kalziumgehalt der Kuhmilch angepasst. Dafür werden verschiedene Zusatzstoffe verwendet: Kalziumkarbonat (CaCO_3), Trikalziumphosphat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) oder Lithothamnion calcareum, eine Meeresalge die ca. 80% Kalziumkarbonat⁸ enthält. Aufgrund der fehlenden Datensätze für die Kalziumanreicherung, wurde diese über den Preis von Kalziumtabletten und die durchschnittlichen Umweltbelastungen der chemischen Industrie pro CHF abgeschätzt.

Die Daten für die Verarbeitung der Rohstoffe zum Getränk stammen für die etablierten Drinks aus bereits veröffentlichten Ökobilanzstudien und wurden auf Pflanzendrinks mit vergleichbarer Basis übertragen. So wurden für die Nussdrinks (Mandel, Cashew) die gleichen Verarbeitungsschritte angenommen, ebenso für die Getreidedrinks (Hafer, Dinkel). Für die Herstellung des Lupinendrinks wurden Patentschriften herangezogen.

⁸ <https://www.spektrum.de/lexikon/arzneipflanzen-drogen/lithothamnion-calcareum/8786>

Verluste durch Verderb wurden für die landwirtschaftliche Produktion, die Verarbeitung und den Handel berücksichtigt. Dafür wurden die von Beretta und Hellweg (2019) ermittelten Durchschnittlichen Verluste in der Lebensmittelkette verschiedener Lebensmittelkategorien verwendet. Hauptursachen für die Verluste in der Lebensmittelkette sind Aussortierungen aufgrund von Qualitätsanforderungen, suboptimale Lagerungsbedingungen und suboptimale Prozessführungen.

Tab. 4.1 Übersicht über die pflanzlichen Durchschnittsdrinks

	Sojadrink	Reisdrink	Mandeldrink	Cashewdrink	Haferdrink	Dinkeldrink	Lupinendrink
Herkunft Rohstoff	Europa	Europa	Europa	Übersee	Europa	Europa	Europa
Form Rohstoff	Sojabohne	Reis	Mandeln	Cashewkerne	Hafer	Dinkel	Süsslupinensamen
Anteil Rohstoff	8.2%	14.1%	4.9%	5.4%	12.3%	13.8%	18.6%
Zusatzstoffe	Kalkalgen	Kalkalgen	Kalkalgen	Kalkalgen	Kalkalgen	Kalkalgen	Kalkalgen
Verarbeitung	Schälen, Einweichen, Vermahlung, Filtration UHT	Nassvermahlung, Verzuckerung, Filtration, Homogenisierung UHT	Schälen, Einweichen, Vermahlung, Filtration, UHT	Rösten, Schälen Einweichen, Vermahlen, Filtration, UHT	Nassvermahlung, Verzuckerung, Filtration, Homogenisierung UHT	Nassvermahlung, Verzuckerung, Filtration, Homogenisierung UHT	Entspelzung, Einweichen, Vermahlen, Homogenisierung UHT
Literatur	Heiss 1996 Berli 2014	Berli 2014	Winans et al. 2020	Jekayinfa & Bamgboye 2006 Winans et al. 2020	Dahllöv & Gustafsson 2008 Berli 2014	Dahllöv & Gustafsson 2008 Berli 2014	Mitchell & Shammet 2008

Tab. 4.2 Verwendete Zusatzstoffe verschiedener Anbieter pro Liter Getränk

	Sojadrink	Reisdrink	Mandeldrink	Cashewdrink	Haferdrink
Alpro	3 g CaCO ₃	3.1 g Ca ₃ (PO ₄) ₂	3.1 g Ca ₃ (PO ₄) ₂	3.1 g Ca ₃ (PO ₄) ₂	3.1 g Ca ₃ (PO ₄) ₂
	2.1 mg B2	3.8 µg B12	2.1 mg B2	2.1 mg B2	2.1 mg B2
	3.8 µg B12	7.5 µg D2	3.8 µg B12	3.8 µg B12	3.8 µg B12
	7.5 µg D2		7.5 µg D2	7.5 µg D2	7.5 µg D2
Alnatura	4 g Kalkalge	4 g Kalkalge			4 g Kalkalge
Karma		4 g Kalkalge			
Isola	4 g Kalkalge	4 g Kalkalge	2.1 g Kalkalge		
Oatly					2 g CaCO ₃ 1 g Ca ₃ (PO ₄) ₂ 2.1 mg B2 3.8 µg B12 1.1 µg D2
Natumi	4 g Kalkalge	4 g Kalkalge			4 g Kalkalge

Die Umweltbelastungen der Distribution werden anhand der Produktpreise abgeschätzt. In Tab. 4.3 zeigt sich, dass die meisten Pflanzendrinks einen deutlich höheren Verkaufspreis haben als die Kuhmilchalternativen. Unter den pflanzlichen Alternativen ist der Sojadrink am günstigsten, jedoch knapp 20% teurer als ein Liter Vollmilch. Am teuersten sind die Nussdrinks (Mandel, Cashew), trotz ihres vergleichsweise geringen Gehaltes an Rohstoff. In Deutschland sind die Preise für Pflanzendrinks ähnlich, dort ist der Unterschied zwischen Kuhmilch und pflanzlicher Alternative jedoch noch grösser.

Tab. 4.3 Preise der untersuchten Produkte in der Schweiz (Coop) und Deutschland (Globus)

	Schweiz	Deutschland
	CHF/Liter	Euro/Liter
Vollmilch	1.60	0.96
Sojamilch	1.90	1.39
Reismilch	3.15	1.72
Mandelmilch	3.75	2.79
Cashewmilch	3.95	2.87
Hafermilch	2.95	1.99
Dinkelmilch		1.49
Lupinenmilch		2.49

Der Transport vom Supermarkt nach Hause wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt, da dieser für alle Getränke gleich ist.

Die Modellierung der Sachbilanz erfolgt gemäss den im vorhergehenden Schritt erhobenen Daten. Wo keine spezifischen Informationen zur Verfügung gestellt werden, wird mit den bereits verfügbaren aktuellen Daten bzw. vertraulichen Daten der ESU-Datenbank (ESU 2020; Jungbluth et al. 2020b) gerechnet. Weitere Informationen zu den verfügbaren Datenbanken sind in einer Anlage verfügbar.⁹

Die neu erhobenen Daten werden im EcoSpold v1 Format vollständig dokumentiert. Ein ausführlicher Sachbilanzbericht und eine Validierung der Daten sind nicht vorgesehen.

Eine vollständige Transparenz zu allen im Rahmen dieser Pilotstudie genutzten Hintergrunddaten kann im Rahmen des begrenzten Budgets für den Bericht nicht angeboten werden. Alle genutzten Daten sind jedoch elektronisch dokumentiert und im Rahmen des Datenverkaufs von ESU-services verfügbar.

⁹ Eine detaillierte Beschreibung der verfügbaren Datenbanken steht auf <http://esu-services.ch/de/address/angebote/> zur Verfügung.

5 Auswertung und Interpretation

Es werden im Folgenden Auswertungen für verschiedene Nutzungsszenarien und Vergleiche durchgeführt. Die Umweltbelastungen des Produktes werden hinsichtlich des Beitrages verschiedener Stufen im Lebenszyklus und hinsichtlich wichtiger Belastungskategorien analysiert.

5.1 Vergleich pro Liter Getränk bis zum Schweizer Supermarkt

5.1.1 Gesamtumweltbelastungen pro Liter Getränk

In Fig. 5.1 ist die Umweltbelastung der Milchgetränke sowie der nicht angereicherten pflanzlichen Drinks bis zum Kauf im Schweizer Supermarkt dargestellt. Dabei werden neben der Landwirtschaft und der Verarbeitung auch die Transportprozesse, Lagerung, Verpackung und Verderb miteinbezogen. Des Weiteren wird berücksichtigt, welche Produkte beim Transport und während der Lagerung gekühlt werden müssen.

Die Umweltbelastung der Kuhmilchprodukte liegt zwischen 1930 und 2160 UBP/Liter. Die eingesparte Kühlung beim Transport und Lagerung der UHT-Milch können die erhöhten Umweltbelastungen der Verarbeitung ausgleichen, jedoch nicht überkompensieren. Ein Liter Trinkmilch verursacht 10% geringere Umweltbelastungen als ein Liter Vollmilch, da für die Herstellung weniger Rohmilch benötigt wird. Die meisten pflanzlichen Alternativen weisen mit weniger als 1550 UBP/Liter eine geringere Umweltbelastung auf. Lediglich der Cashewdrink hat, aufgrund der Verwendung von Kupfer-basierten Pestiziden und der daraus resultieren Ablagerung von Schwermetallen im Boden, eine fast doppelt so hohe Umweltbelastung wie die Vollmilch (siehe Diskussion in Kapitel 6.2). Die wichtigsten Wirkungskategorien der anderen Getränke sind Klimawandel, Luftschadstoffe und Staub, Wasserschadstoffe und Landnutzung. Der Entzug der Schwermetalle im Boden (sichtbar in Fig. 5.1 als negative Werte) bei den tierischen Milchprodukten ist in der Fütterung mit Gras, Heu und Silage begründet, welche beim Anbau Schwermetalle aus dem Boden aufnehmen. Die genauen Zahlenwerte sind in Tab. 5.2 dargestellt.

Fig. 5.2 stellt die Umweltbelastung der Milchgetränke denen der angereicherten pflanzlichen Drinks ab Supermarkt entgegen. Die Kalziumanreicherung erhöht die Umweltbelastungen der Pflanzendrinks im Durchschnitt um 16%. Daraus resultierend schneiden Dinkel- und Lupinendrink nur noch geringfügig besser ab als die Trinkmilch. Tab. 5.3 zeigt die Zahlenwerte für die einzelnen Wirkungskategorien.

In Fig. 5.3 sind die Umweltwirkungen aufgeteilt auf Landwirtschaft, Transport, Verarbeitung, Verpackung, Handel, Entsorgung sowie gegebenenfalls Kühlung für die Kuhmilch und die nicht angereicherten Pflanzendrinks dargestellt. Bei fast allen Produkten verursacht die Landwirtschaft die größte Umweltbelastung, lediglich beim durchschnittlichen Mandeldrink fällt der Transport etwas stärker ins Gewicht. Bei den pflanzlichen Alternativen hängt der Beitrag der Landwirtschaft nicht nur von den verwendeten Nutzpflanzen, sondern auch von der benötigten Menge ab. Tab. 5.1 zeigt, dass der Rohstoffanteil der Nussdrinks wesentlich geringer als bei den Getreidedrinks ist. Zudem schwankt der Anteil zwischen den verschiedenen Herstellern teilweise deutlich. Dinkeldrinks enthalten bis zu 17% Dinkel, wohingegen Mandeldrinks teils nur 2.3% Mandeln enthalten.

Tab. 5.1 Anteil Rohmaterial verschiedener Anbieter

	Alpro	Alnatura	Karma	Isola	Oatly	Natumi	Made with luve	Milli
Sojabohnen	8%	8%	9%	8%		8%		
Reis	12.5%	14%	14% ^a	17%		13-14% ^b		
Mandel	2.3%	7%	8% ^a	3-5% ^b		4%		
Cashewkerne	3.1%	6.5%	6% ^a					
Hafer	9.8%	11%	11%	16%	10%	12%-16% ^b		
Dinkel	11%			16%		17%		
Lupine							8% ^c	10%

a Karma verwendet Reismehl, Mandelpaste und Cashewpaste

b Anteil unterscheidet sich zwischen angereichertem und originalem Drink

c Made with luve verwendet Lupineneiweis.

Transport und gegebenenfalls Kühlung der Kuhmilchgetränke machen weniger als ein Achtel der Umweltbelastungen aus. Bei den pflanzlichen Drinks sind die Umweltbelastungen durch den Transport höher und machen im Schnitt ein Viertel der Gesamtbelastungen aus. Die meisten der in der Schweiz verfügbaren Produkte werden von Herstellern im europäischen Ausland produziert und daraus resultieren längere Transportwege.

Die Verarbeitung verursacht bei der Voll- und Trinkmilch ca. 100 UBP/Liter und macht somit lediglich 5% der Gesamtbelastungen aus. Bei der UHT-Milch und den Pflanzendrinks, welche in der Regel auch UHT-erhitzt werden, sind die Umweltbelastungen der Verarbeitung knapp dreimal höher und leisten einen nennenswerten Beitrag zu den Gesamtbelastungen.

Der Beitrag der Tetrapack-Verpackung (inklusive deren Entsorgung) liegt im Durchschnitt bei 7%. Der Handel macht bei den pflanzlichen Drinks einen größeren Anteil aus als bei Kuhmilch. Dies liegt darin begründet, dass die Umweltwirkungen des Handels anhand der Verkaufspreise auf die einzelnen Produkte verteilt wird. Die Entsorgung der Produktionsverluste leistet bei allen betrachteten Alternativen nur einen marginalen Beitrag.

Soja- und Reisdink weisen um 40% bzw. 34% reduzierte Umweltbelastungen im Vergleich zur Vollmilch auf. Für die untersuchten Nussdrinks kann aufgrund der unterschiedlichen Pestizidnutzung keine allgemeine Aussage getroffen werden. Mandeldrinks weisen im Durchschnitt 47% der Umweltbelastungen der Vollmilch auf. Die Umweltbelastungen des Cashew Drinks sind um 93% höher als die Belastungen der Vollmilch. Die Umweltbelastungen der auf heimischen Pflanzen basierenden, nicht angereicherten Drinks liegen zwischen 1020 und 1550 UBP/Liter und weisen damit eine Reduzierung von 38-43% im Vergleich zur Vollmilch auf.

Der Vergleich der Kuhmilch mit den angereicherten Pflanzendrinks ist in Fig. 5.4 dargestellt. Der Beitrag der Kalziumanreicherung ist vergleichbar zum Beitrag der Verarbeitung und des Transports und beträgt zwischen 6% (Cashew) und 18% (Mandel). Die Reduzierung der Umweltbelastungen durch die pflanzlichen Alternativen im Vergleich zur Vollmilch fällt um 11 Prozentpunkte geringer aus. Angereicherte Soja- und Reisdinks haben somit eine um 29% bzw. 23% geringere Umweltbelastung als Vollmilch. Angereicherte Mandelmilch reduziert die Umweltbelastungen um 36%, wohingegen der Konsum des angereicherten Cashewdrinks eine doppelt so hohe Umweltbelastung verursacht wie derjenige von Vollmilch. Von den heimischen Alternativen weist der angereicherte Haferdrink mit einer Reduktion von 31% das beste Ergebnis auf. Angereicherter Dinkel- und Lupinendrink habe eine um ein Sechstel geringere Umweltbelastung als die Vollmilch.

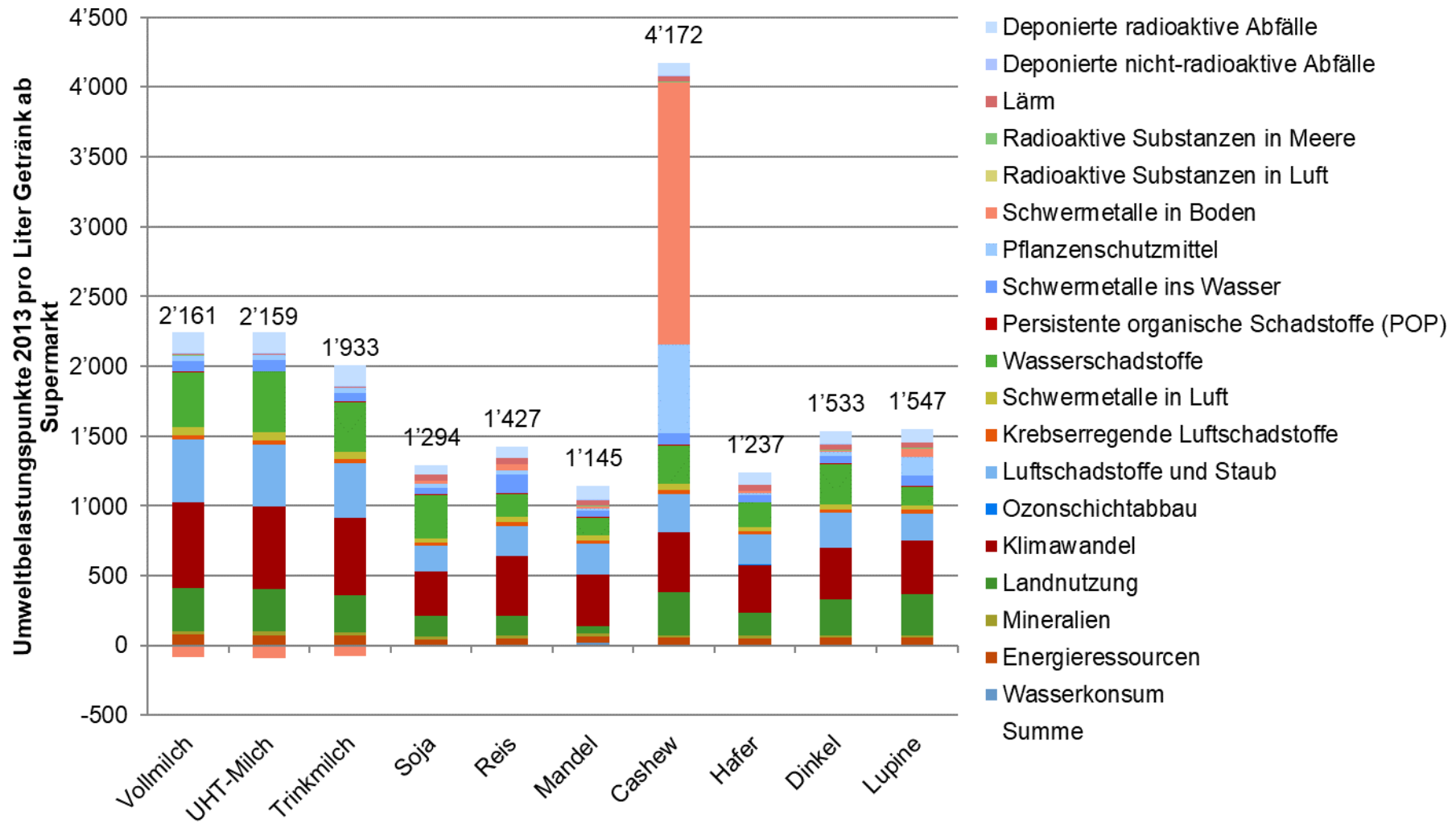


Fig. 5.1 Vergleich der Milchprodukte und ihrer nicht angereicherten pflanzlichen Alternativen (Umweltbelastungspunkte 2013 pro Liter Produkt ab Supermarkt)

Tab. 5.2 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke und nicht angereicherten Drinks in Umweltbelastungspunkten 2013 pro Liter ab Supermarkt

Wirkungskategorie	Einheit	Vollmilch	UHT-Milch	Trinkmilch	Soja	Reis	Mandel	Cashew	Hafer	Dinkel	Lupine
Summe	UBP	2160.7	2159.5	1932.9	1293.6	1426.7	1144.6	4172.3	1237.0	1533.3	1547.3
Wasserkonsum	UBP	2.3	2.4	2.1	4.0	3.5	17.2	4.4	4.0	4.1	4.1
Energieressourcen	UBP	74.4	72.3	68.0	40.5	49.1	49.1	49.5	48.3	51.6	50.0
Mineralien	UBP	25.0	23.8	22.6	17.3	21.9	20.3	20.3	18.1	19.0	19.6
Landnutzung	UBP	307.6	306.3	267.7	147.5	139.3	50.7	310.1	160.6	253.5	294.1
Klimawandel	UBP	615.6	591.6	551.7	322.8	430.5	367.4	425.9	346.8	373.1	385.9
Ozonschichtabbau	UBP	1.9	0.6	1.8	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Luftschadstoffe und Staub	UBP	447.0	440.8	394.3	183.3	212.9	223.3	276.4	215.0	248.6	193.3
Krebserregende Luftschadstoffe	UBP	29.7	27.8	27.3	21.0	27.1	25.8	26.7	22.6	23.9	24.0
Schwermetalle in Luft	UBP	60.3	60.7	54.9	31.6	37.2	36.6	41.4	32.6	34.7	34.7
Wasserschadstoffe	UBP	394.5	435.3	350.5	311.1	159.8	123.1	274.8	173.6	286.4	130.2
Persistente organische Schadstoffe (POP)	UBP	5.8	5.0	5.3	7.2	7.7	6.6	7.6	6.3	6.8	7.0
Schwermetalle ins Wasser	UBP	73.7	74.1	65.5	45.0	132.4	41.8	81.7	50.1	55.1	72.9
Pflanzenschutzmittel	UBP	37.2	37.1	32.3	22.9	28.8	19.8	635.8	16.8	27.2	130.5
Schwermetalle in Boden	UBP	-86.3	-87.3	-74.2	24.3	47.1	16.7	1878.7	11.6	12.7	63.4
Radioaktive Substanzen in Luft	UBP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Radioaktive Substanzen in Meere	UBP	4.1	3.9	3.9	2.2	2.4	2.9	2.8	2.6	2.7	2.8
Lärm	UBP	6.4	10.6	5.7	40.0	40.9	41.1	41.1	40.5	40.9	40.9
Deponierte nicht-radioaktive Abfälle	UBP	7.4	6.0	7.2	2.2	2.5	5.9	2.7	2.4	2.5	2.5
Deponierte radioaktive Abfälle	UBP	154.3	148.3	146.4	70.5	83.4	95.9	92.2	84.8	90.1	91.0

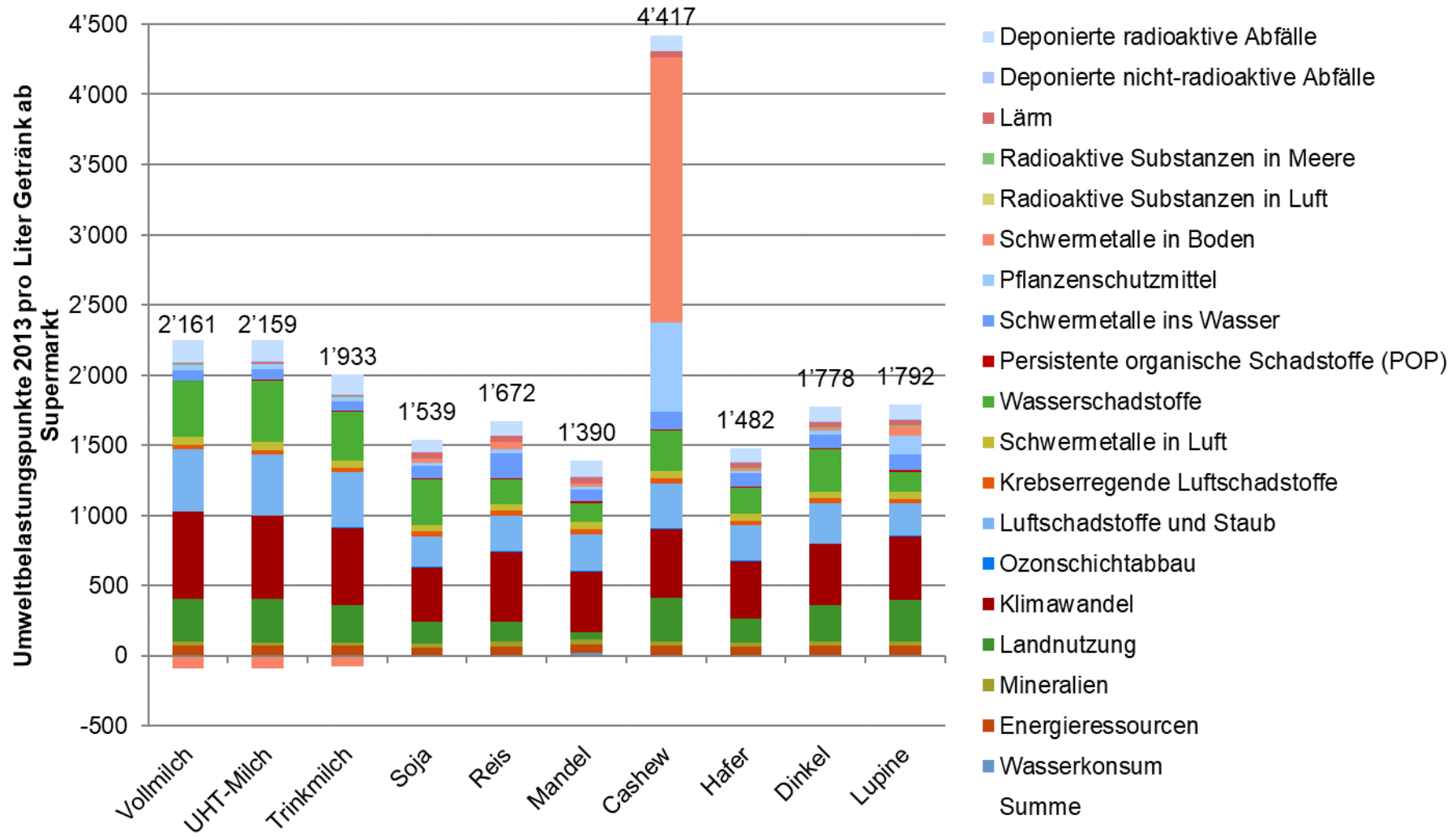


Fig. 5.2 Vergleich der Milchprodukte und ihrer angereicherten pflanzlichen Alternativen (Umweltbelastungspunkte 2013 pro Liter Produkt ab Supermarkt)

Tab. 5.3 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke und angereicherten Drinks in Umweltbelastungspunkten 2013 pro Liter ab Supermarkt

Wirkungskategorie	Einheit	Vollmilch	UHT-Milch	Trinkmilch	Soja	Reis	Mandel	Cashew	Hafer	Dinkel	Lupine
Summe	UBP	2160.7	2159.5	1932.9	1538.6	1671.7	1389.6	4417.3	1482.0	1778.3	1792.3
Wasserkonsum	UBP	2.3	2.4	2.1	4.6	4.0	17.8	5.0	4.6	4.7	4.7
Energieressourcen	UBP	74.4	72.3	68.0	56.5	65.1	65.1	65.5	64.3	67.6	66.0
Mineralien	UBP	25.0	23.8	22.6	28.7	33.3	31.7	31.7	29.5	30.4	31.0
Landnutzung	UBP	307.6	306.3	267.7	152.2	143.9	55.4	314.7	165.3	258.2	298.8
Klimawandel	UBP	615.6	591.6	551.7	385.1	493.3	430.2	488.7	409.6	435.9	448.7
Ozonschichtabbau	UBP	1.9	0.6	1.8	5.2	5.2	5.2	5.3	5.2	5.2	5.3
Luftschadstoffe und Staub	UBP	447.0	440.8	394.3	221.7	251.3	261.7	314.8	253.4	287.0	231.7
Krebserregende Luftschadstoffe	UBP	29.7	27.8	27.3	31.0	37.1	35.8	36.7	32.6	33.9	34.0
Schwermetalle in Luft	UBP	60.3	60.7	54.9	44.0	49.6	49.0	53.8	45.0	47.1	47.1
Wasserschadstoffe	UBP	394.5	435.3	350.5	326.0	174.7	138.0	289.7	188.5	301.3	145.1
Persistente organische Schadstoffe (POP)	UBP	5.8	5.0	5.3	9.8	10.2	9.1	10.1	8.9	9.3	9.6
Schwermetalle ins Wasser	UBP	73.7	74.1	65.5	88.0	175.4	84.8	124.7	93.1	98.1	115.9
Pflanzenschutzmittel	UBP	37.2	37.1	32.3	23.8	29.7	20.7	636.7	17.7	28.1	131.4
Schwermetalle in Boden	UBP	-86.3	-87.3	-74.2	27.3	50.1	19.7	1881.7	14.6	15.7	66.4
Radioaktive Substanzen in Luft	UBP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Radioaktive Substanzen in Meere	UBP	4.1	3.9	3.9	2.6	2.9	3.3	3.2	3.0	3.2	3.2
Lärm	UBP	6.4	10.6	5.7	40.0	40.9	41.1	41.1	40.5	40.9	40.9
Deponierte nicht-radioaktive Abfälle	UBP	7.4	6.0	7.2	3.9	4.2	7.6	4.4	4.1	4.1	4.2
Deponierte radioaktive Abfälle	UBP	154.3	148.3	146.4	88.6	101.5	114.0	110.3	102.9	108.2	109.1

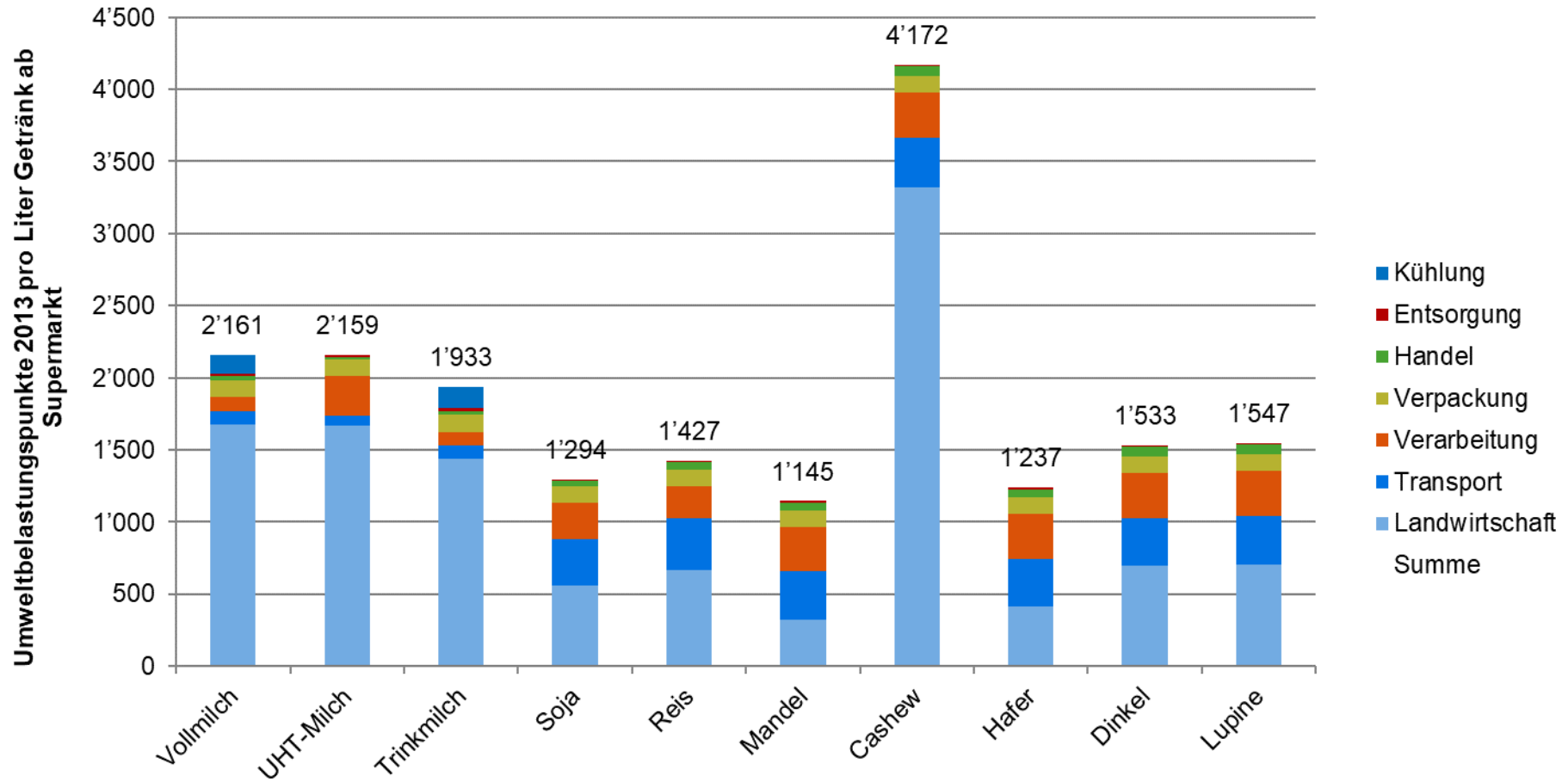


Fig. 5.3 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke und nicht angereicherten Drinks in Umweltbelastungspunkten 2013 pro Liter ab Supermarkt

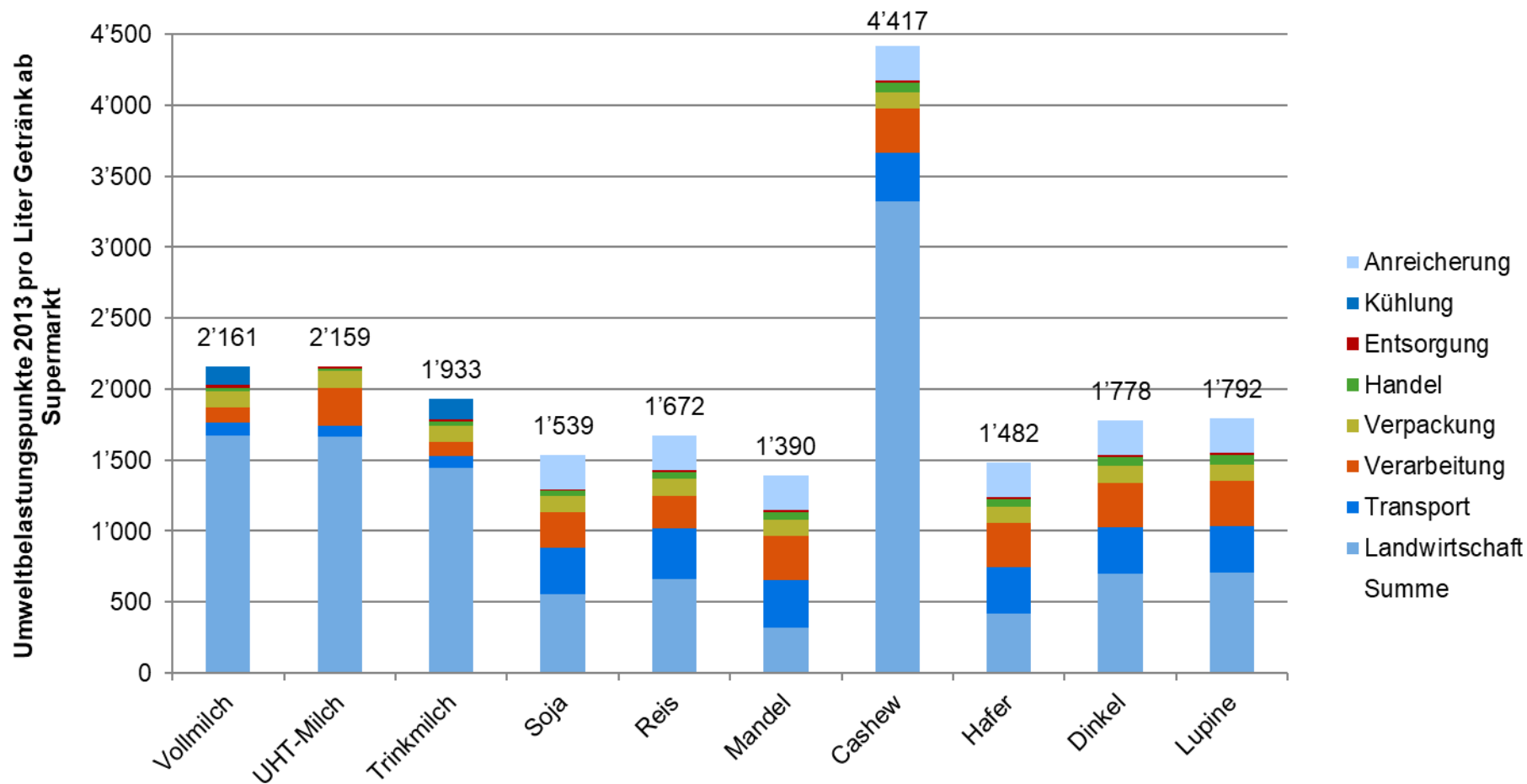


Fig. 5.4 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke und angereicherten Drinks in Umweltbelastungspunkten 2013 pro Liter ab Supermarkt

5.1.2 Beitrag zum Klimawandel pro Liter Getränk

Betrachtet man nur den Beitrag zum Klimawandel, haben alle nicht angereicherten pflanzlichen Alternativen einen geringeren Klimafussabdruck als die Kuhmilchgetränke (Fig. 5.5). Auf einen Liter Pflanzendrink ab Supermarkt entfallen zwischen 31% und 49% weniger Treibhausgasemission als auf einen Liter Vollmilch.

Der Vergleich der CO₂- Äquivalente der untersuchten Milchgetränke zeigt, dass Vollmilch schlechter abschneidet als die anderen Milchgetränke. Im Vergleich zur UHT-Milch liegt dies an der benötigten Kühlung der Vollmilch. Das bessere Ergebnis der Trinkmilch lässt sich auf den geringeren Bedarf an Rohmilch zurückführen. Bei allen drei Milchalternativen wird der Beitrag zum Klimawandel von der Produktion der Rohmilch dominiert, dieser macht zwischen 73% und 79% aus. Transport, Verarbeitung, Verpackung und gegebenenfalls Kühlung leisten mit jeweils 4-9% einen ähnlich geringen Beitrag zum Klimaänderungspotential. Handel und Entsorgung verursachen 1-2% der Treibhausgasemissionen. Die Kühlung der Voll- und Trinkmilch macht ca. 5% des Beitrags zum Klimawandels aus.

Bei den pflanzlichen Drinks ist das Klimaänderungspotential um mehr als 30% geringer als bei den Milchalternativen. Das geringste Klimaänderungspotential weist der Sojadrink auf. Verglichen mit der Voll- und Trinkmilch reduziert sich das Klimaänderungspotential um 49% bzw. 43%. Am schlechtesten von den pflanzlichen Alternativen schneiden Reis- und Cashewdrink ab. Diese reduzieren die Treibhausgasemissionen verglichen mit der Vollmilch um knapp ein Drittel. Anders als bei den Gesamtumweltbelastungen verursachen bei den pflanzlichen Drinks Transport und Verarbeitung einen grösseren Beitrag als die Landwirtschaft. Beide tragen jeweils ungefähr ein Drittel zum Klimaänderungspotential bei. Die Landwirtschaft verursacht weniger als ein Viertel der Treibhausgasemissionen mit Ausnahme des Reises, bei dem die Landwirtschaft 35% der Belastungen verursacht. Grund dafür ist der Strombedarf der Bewässerung. Der Beitrag des Handels beläuft sich im Schnitt auf 5%. Wie bei den Gesamtumweltbelastungen trägt die Entsorgung mit 1% nur marginal zum Klimaänderungspotential bei.

Die Ergebnisse für die angereicherten Drinks sind in Fig. 5.6 dargestellt. Der Beitrag der Kalziumanreicherung zum Klimaänderungspotential ist vergleichbar mit dem Beitrag der Verpackung und beträgt durchschnittlich 15%. Die Reduzierung der Umweltbelastungen durch die pflanzlichen Alternativen im Vergleich zur Vollmilch fällt um 10 Prozentpunkte geringer aus als bei den nicht angereicherten Drinks. Mit einer Reduktion von 39% verglichen mit Vollmilch weist der angereicherte Sojadrink das beste Ergebnis auf, gefolgt vom angereicherten Haferdrink mit 34%. Die angereicherten Mandel-, Dinkel- und Lupinendricks weisen mit 31%, 30% und 28% eine vergleichbares Reduktionspotential vor. Angereicherte Reis- und Cashewdrinks zeigen mit einer Reduktion von 20% bzw. 22% das schlechteste Klimaänderungspotential der untersuchten Pflanzendrinks auf.

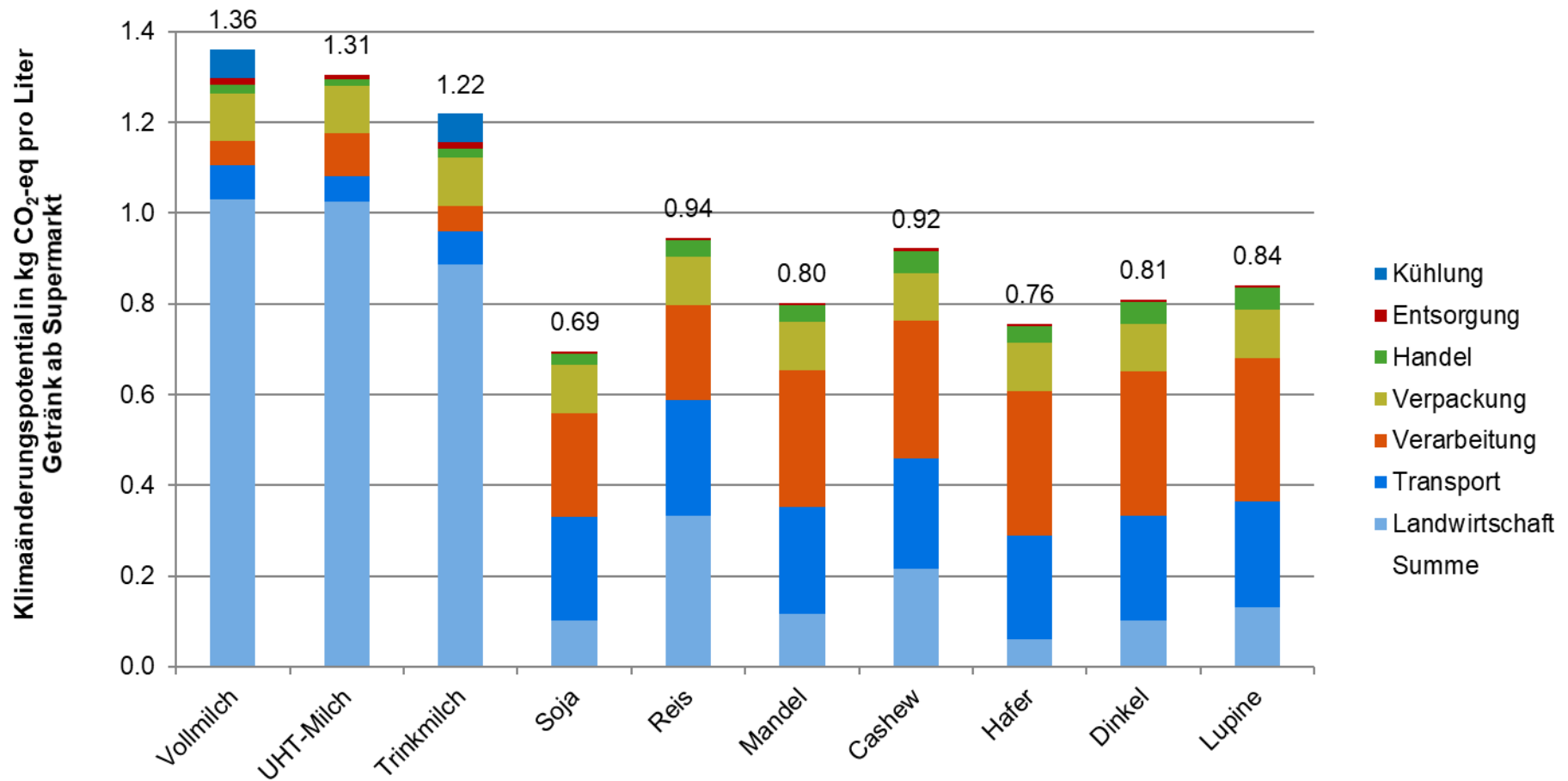


Fig. 5.5 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke und nicht angereicherten Drinks für den Treibhauseffekt (kg CO₂-eq pro Liter ab Supermarkt, IPCC 100a, inklusive zusätzlicher Einflüsse von Flugtransporten (Jungbluth & Meili 2019))

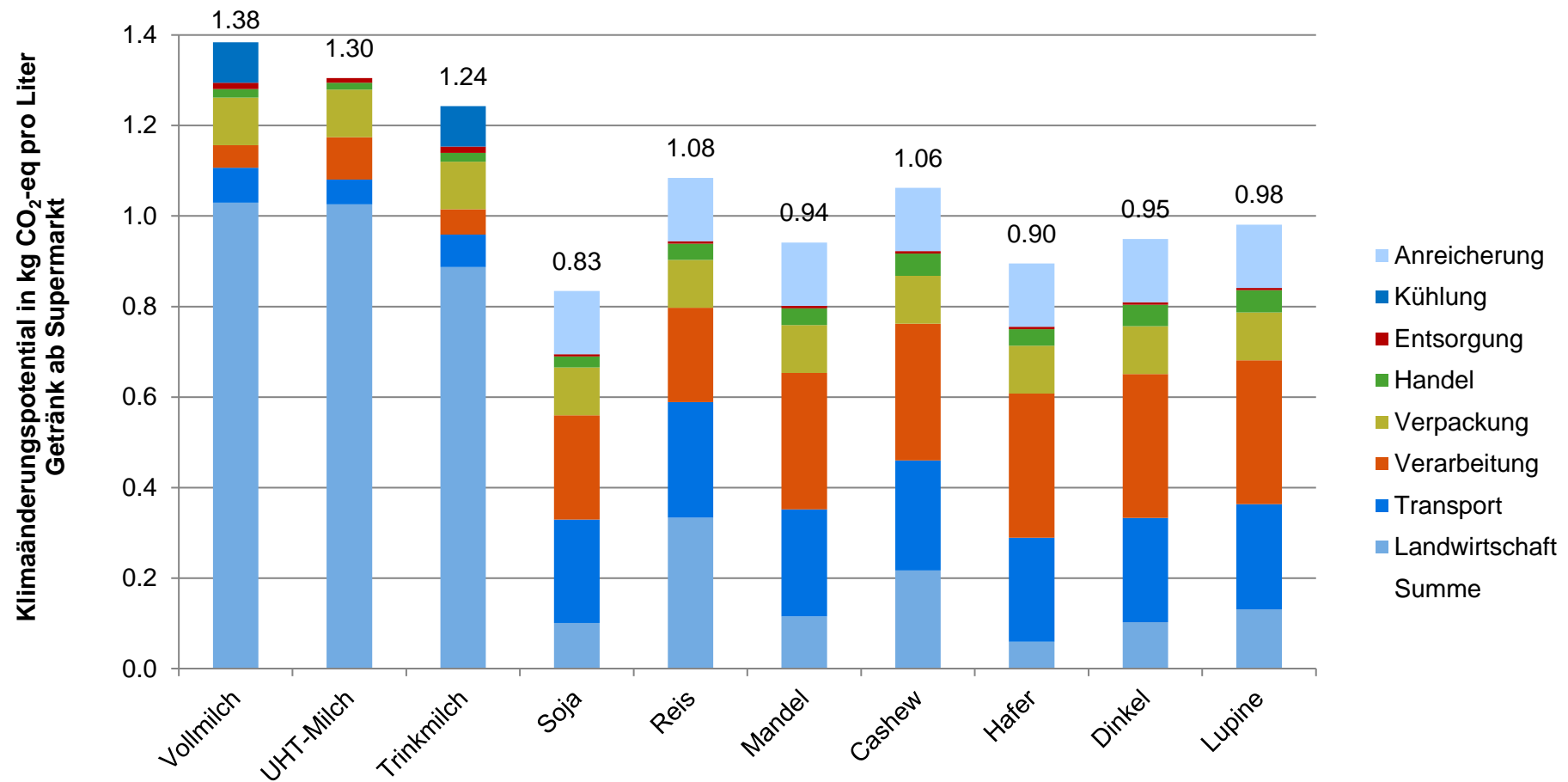


Fig. 5.6 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke und angereicherten Drinks für den Treibhauseffekt (kg CO₂-eq pro Liter ab Supermarkt, IPCC 100a, inklusive zusätzlicher Einflüsse von Flugtransporten (Jungbluth & Meili 2019))

5.1.3 Beurteilung der Umweltbelastungen im Bezug zum Nährstoffgehalt

Der Mensch muss eine bestimmte Menge von Nährstoffen, beispielweise Proteine, zu sich nehmen. Die verschiedenen untersuchten Produkte enthalten unterschiedliche Mengen an Nährstoffen. Der Genuss von Kuhmilch wird von einigen Organisationen wie der Schweizer Gesellschaft für Ernährung vor allem aus Sicht der Kalziumversorgung propagiert¹⁰ und der Verzehr von drei Portionen Milchprodukten pro Tag empfohlen.¹¹ Andere Organisationen sind der Meinung, dass es für eine gesunde Ernährung keine tierische Nahrungsmittel braucht.^{12,13}

Um den Empfehlungen der erst genannten Organisationen Rechnung zu tragen, werden im Folgenden die Umweltwirkungen der Milchgetränke und Drinks in Bezug auf ihren Protein- und Kalziumgehalt verglichen. Bezugspunkt sind dabei die Tagesempfehlungen der SGE. Eine Proteinportion entspricht somit 20 g und eine Kalziumportion 0.75 g. Lediglich für den Natursojadrink wurde eine Angabe zum Kalziumgehalt gefunden, daher bezieht sich der Vergleich pro Kalziumprotein nur auf die Milchgetränke und den nicht angereicherten Sojadrink. Der Gehalt der Nährstoffe der verschiedenen Getränke sowie die Menge an benötigtem Drink zu Deckung der Nährstoffportionen ist in Tab. 5.4 zu finden.

Tab. 5.4 Durchschnittlicher Nährstoffgehalt pro 100 ml Getränk in g Protein und mg Kalzium¹⁴

Nährstoffe		Vollmilch	UHT-Milch	Trinkmilch	Soja	Reis	Mandel	Cashew	Hafer	Dinkel	Lupine
Protein	g/100ml	3.2	3.2	3.2	3.9	0.4	1.1	0.5	0.7	0.8	2.05
Benötigte Menge Drink	l/20 g Protein	0.6	0.6	0.6	0.5	5.0	1.8	4.0	2.9	2.5	1.0
Kalzium, nicht angereichert	mg/100ml	120	120	120	13	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Benötigte Menge Drink	l/0.75 g Kalzium	0.6	0.6	0.6	5.8	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Kalzium, angereichert	mg/100ml	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Benötigte Menge Drink	l/0.75 g Kalzium	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

In Fig. 5.7 sind die Umweltbelastungspunkte der untersuchten Getränke pro Proteinportion á 20 g abgebildet. Auf Basis des Proteingehalts schneidet lediglich der Sojadrink besser ab als die Kuhmilchalternativen und reduziert die Umweltbelastungen verglichen mit der Vollmilch um 51%. Die Umweltbelastungen des Lupinendrinks sind 12% höher als die der Kuhmilch, die anderen Pflanzendrinks schneiden deutlich schlechter ab. So sind die Umweltbelastungen des Mandeldrinks pro Proteinportion 54% höher als die der Kuhmilch. Der Cashewdrink weist eine zwölfmal höhere Umweltbelastung auf als die Vollmilch.

Die Ergebnisse der angereicherten Drinks sehen ähnlich aus (Fig. 5.8). Das Reduktionspotential des angereicherten Sojadrinks verringert sich jedoch, verglichen mit der Vollmilch, auf 42%.

Die Deckung von 75% des täglichen Kalziumbedarfs eines durchschnittlichen Erwachsenen mit nicht angereichertem Natursojadrink, wie Fig. 5.9 zeigt, hat mehr als fünfmal so hohe Umweltbelastungen verglichen mit Vollmilch. Dieser relativ grosse Unterschied im Vergleich zu den vorherigen Auswertungen kommen vor allem daher, dass für die Deckung dieses Kalziumbedarfs mittels Drinks lediglich 0.6 Liter Kuhmilch, aber 5.8 Liter Natursojadrink konsumiert werden müssten.

Die Ergebnisse zur Deckung von 75% des täglichen Kalziumbedarfs mit angereicherten Drinks sind in Fig. 5.10 dargestellt. Da der Kalziumgehalt der angereicherten Drinks, dem der Kuhmilch angepasst wurde, bleibt die Auswertung aus Kapitel 5.1.1 unverändert.

¹⁰ <https://www.swissmilk.ch/de/ernaehrung/osteoporose/>

¹¹ <http://www.sge-ssn.ch/ich-und-du/essen-und-trinken/ausgewogen/schweizer-lebensmittelpyramide/>

¹² <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>

¹³ <https://www.swissveg.ch/kalzium>

¹⁴ <https://naehwertdaten.ch/de/>

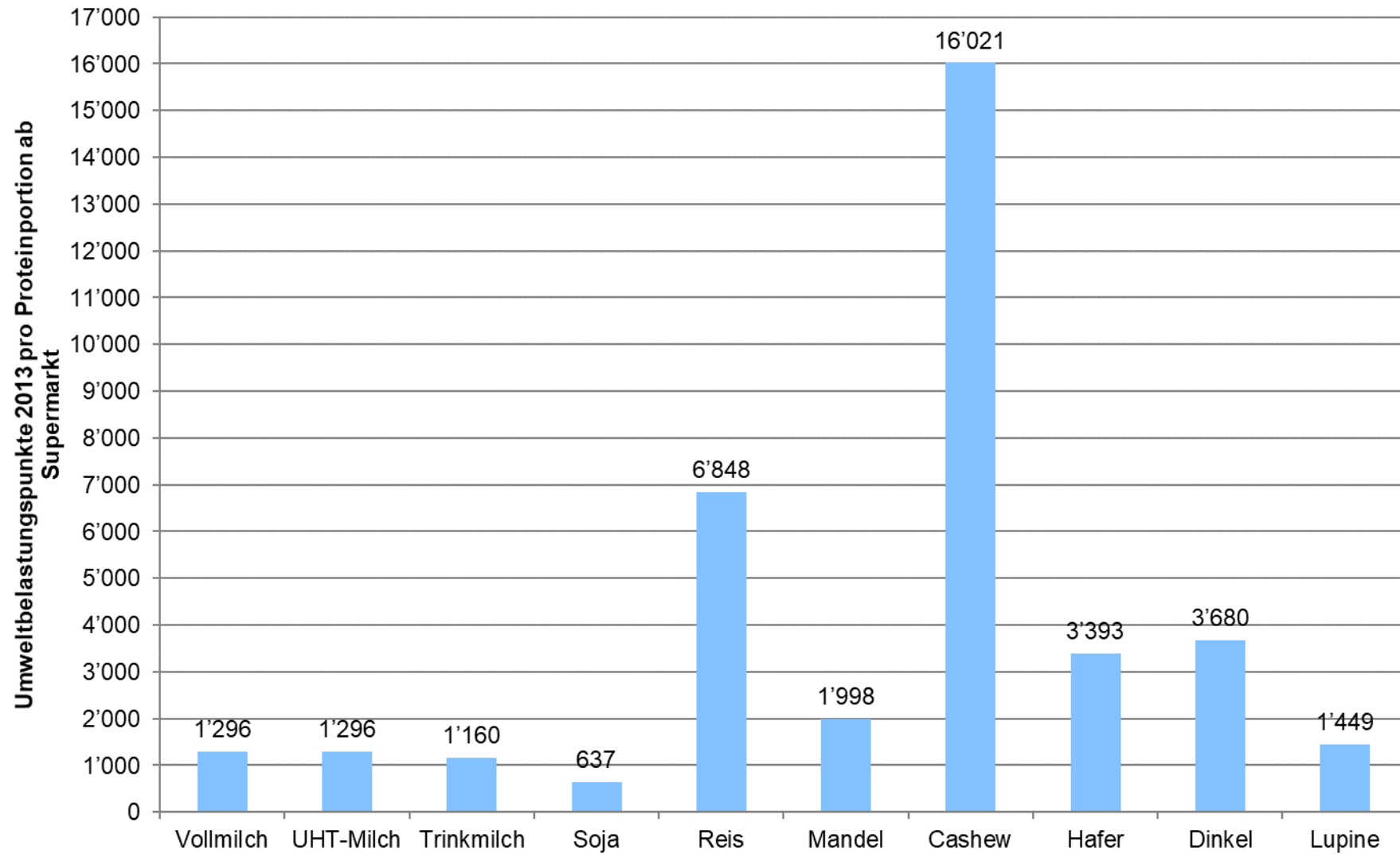


Fig. 5.7 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke und nicht angereicherten Drinks in Umweltbelastungspunkten 2013 pro 20 g Protein

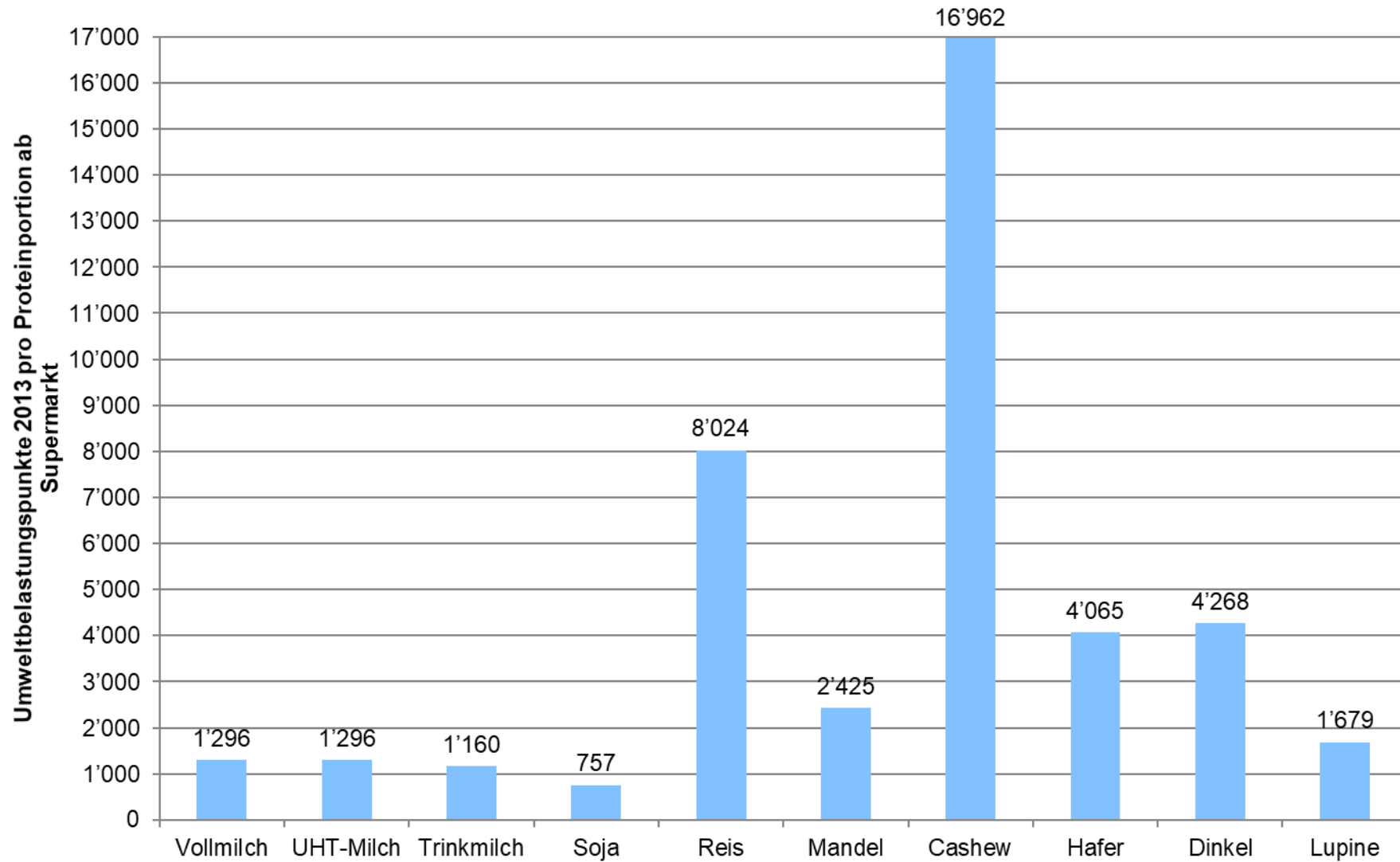


Fig. 5.8 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke und angereicherten Drinks in Umweltbelastungspunkten 2013 pro 20 g Protein

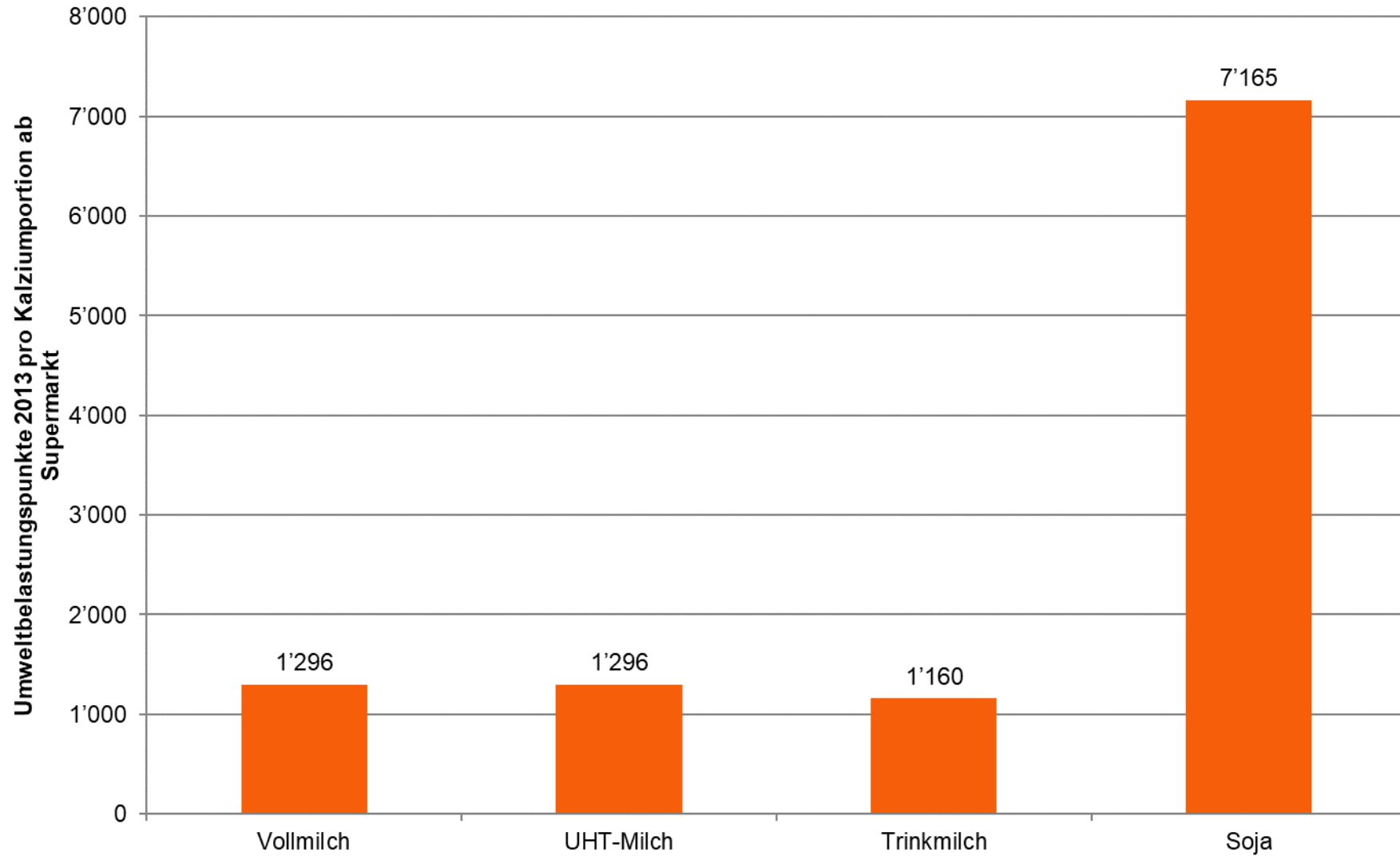


Fig. 5.9 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke mit nicht angereichertem Sojadrink in Umweltbelastungspunkten 2013 pro 0.75 g Kalzium. Für die anderen untersuchten nicht angereicherten Drinks wurden keine Angaben zum Kalziumgehalt gefunden.

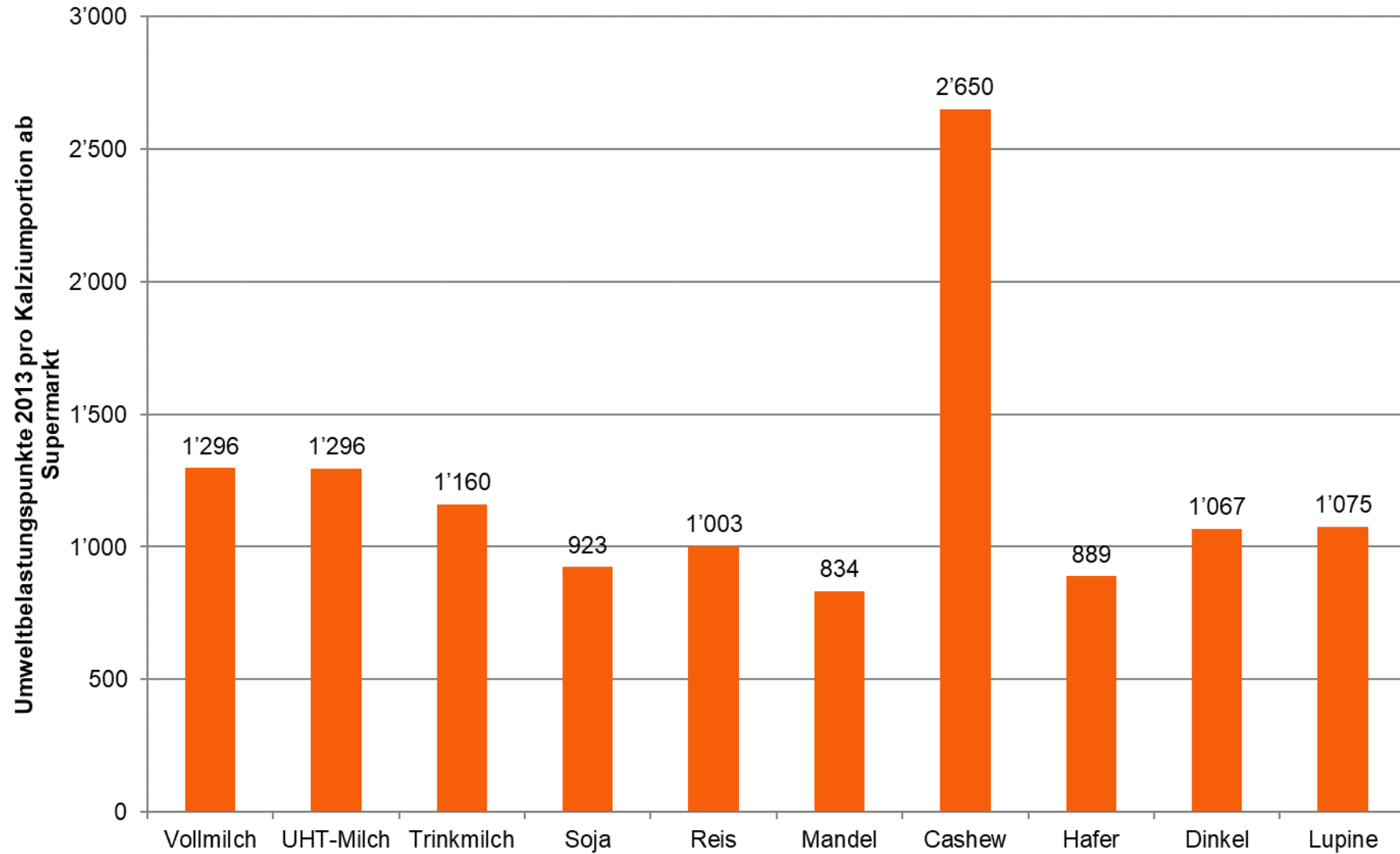


Fig. 5.10 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke mit angereicherten Drinks in Umweltbelastungspunkten 2013 pro 0.75 g Kalzium

5.1.4 Beurteilung von Klimaänderungspotential im Bezug zum Nährstoffgehalt

Fig. 5.11 zeigt das Klimaänderungspotential der untersuchten Getränke pro Proteinportion á 20 g. Die Unterschiede zwischen Kuhmilchgetränken und nicht angereicherten Pflanzendrinks fallen etwas geringer aus als bei den Gesamtumweltbelastungen, sind aber dennoch deutlich. Der Sojadrink reduziert die Umweltbelastungen verglichen mit der Vollmilch um 58%. Der Lupinendrink reduziert die Umweltbelastungen verglichen mit der Vollmilch um 3%, schneidet aber schlechter ab als die Trinkmilch. Die Umweltbelastungen des Mandeldrinks pro Proteinportion sind 72% höher als die der Kuhmilch. Das grösste Klimaänderungspotential hat der Reisdrink. Der Unterschied zur Vollmilch liegt bei einem Faktor von 5.6.

Bei den angereicherten Drinks, dargestellt in Fig. 5.12, weist nur noch der Sojadrink ein geringeres Klimaänderungspotential als die Vollmilch auf. Pro Proteinportion verursacht der angereicherte Sojadrink nur die Hälfte des Klimaänderungspotentials der Vollmilch. Das Klimaänderungspotential des angereicherten Lupinendrinks liegt dagegen 13% über dem der Vollmilch.

Das Klimaänderungspotential der Kuhmilch und des Natursojadrinks pro 0.75 g Kalzium ist in Fig. 5.13 dargestellt. Auch hier hat sich der Unterschied im Vergleich zu den Gesamtumweltbelastungen etwas verringert, allerdings schneidet der Natursojadrink um den Faktor 4.7 schlechter ab als die Vollmilch.

Die Ergebnisse zur Deckung von 75% des täglichen Kalziumbedarfs mit angereicherten Drinks sind in Fig. 5.14 dargestellt. Da der Kalziumgehalt der angereicherten Drinks, dem der Kuhmilch angepasst wurde, ändert sich die Auswertung aus Kapitel 5.1.2 nicht.

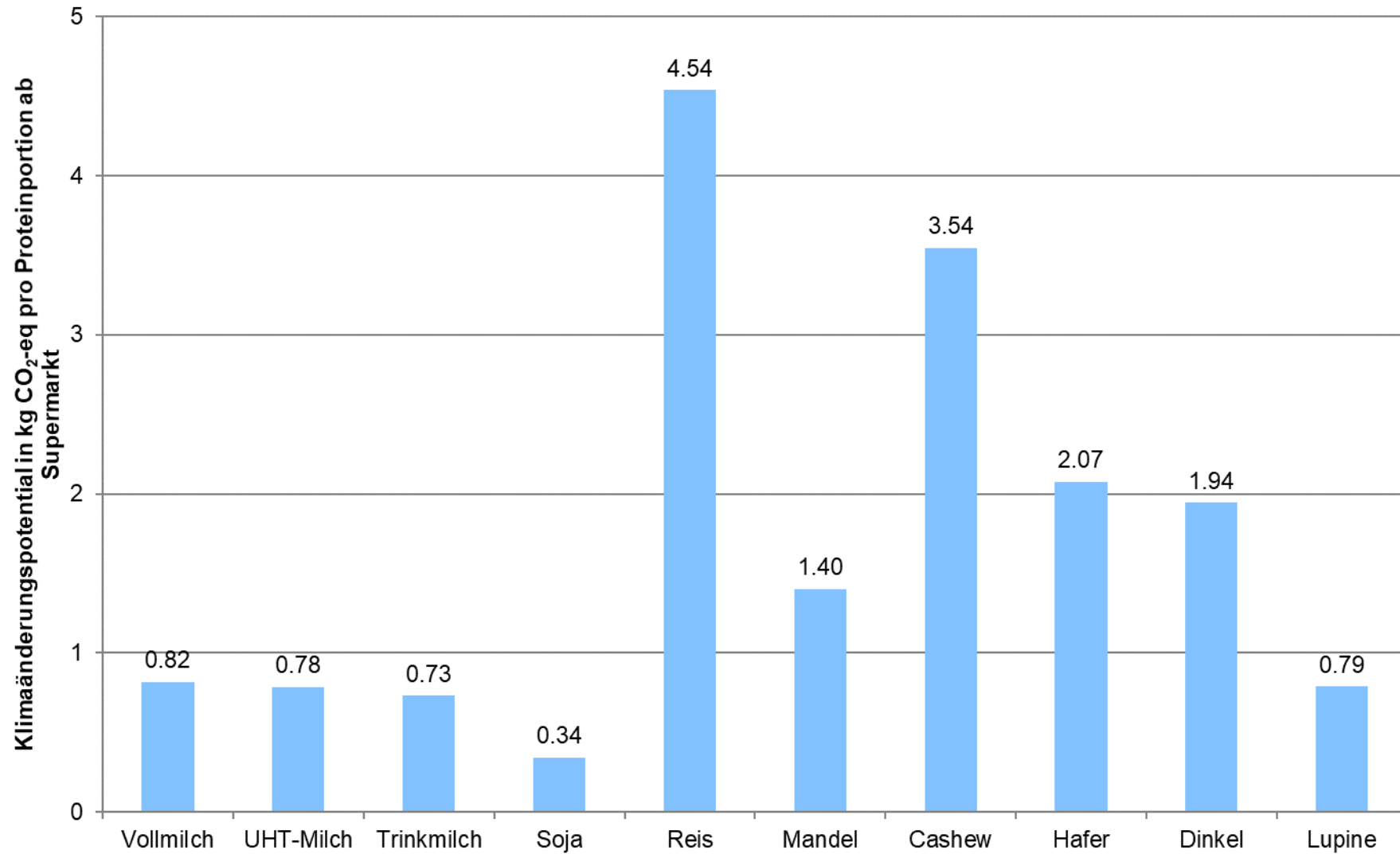


Fig. 5.11 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke und nicht angereicherten Drinks in kg CO₂-eq pro 20 g Protein

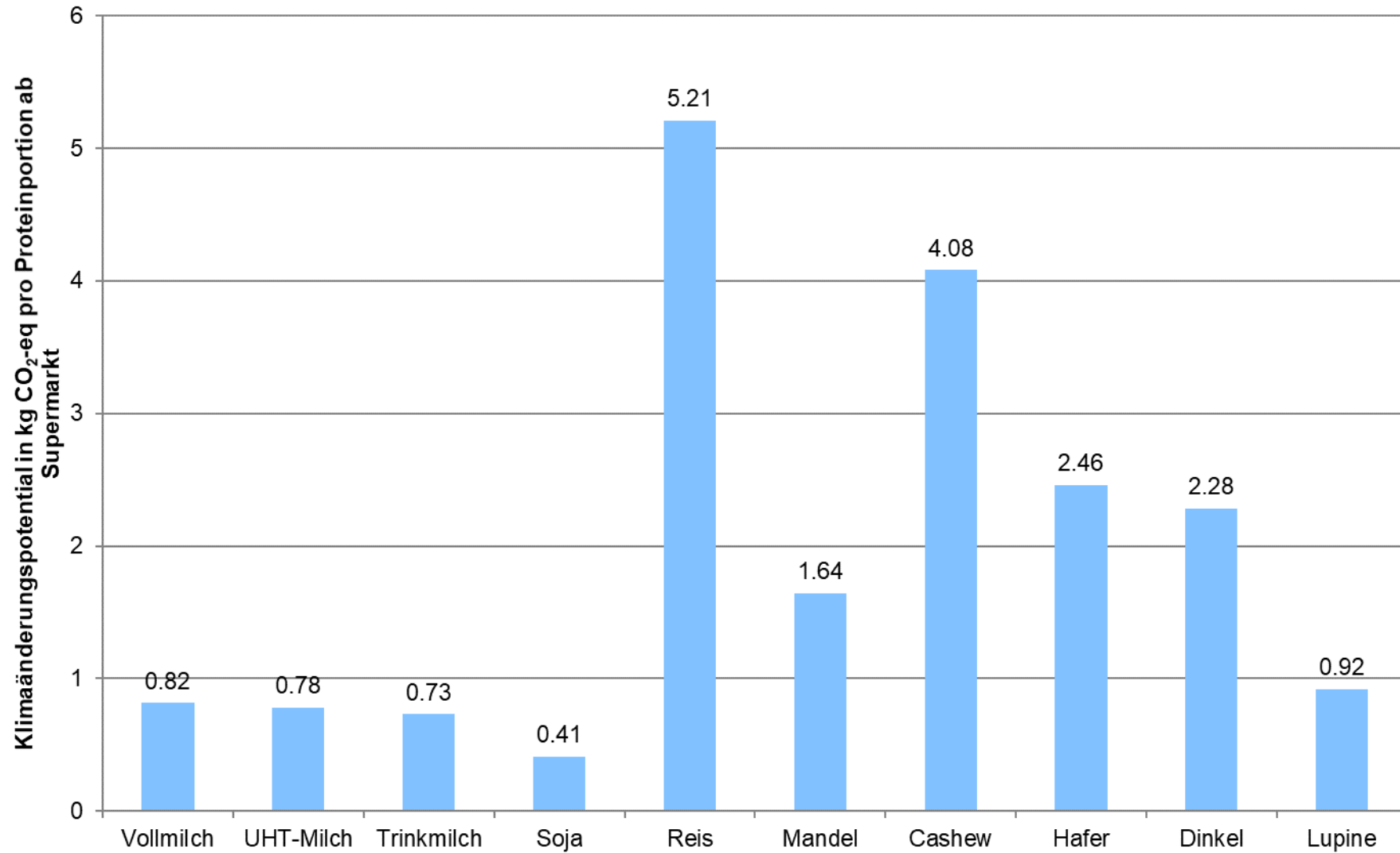


Fig. 5.12 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke und angereicherten Drinks in kg CO₂-eq pro 20 g Protein

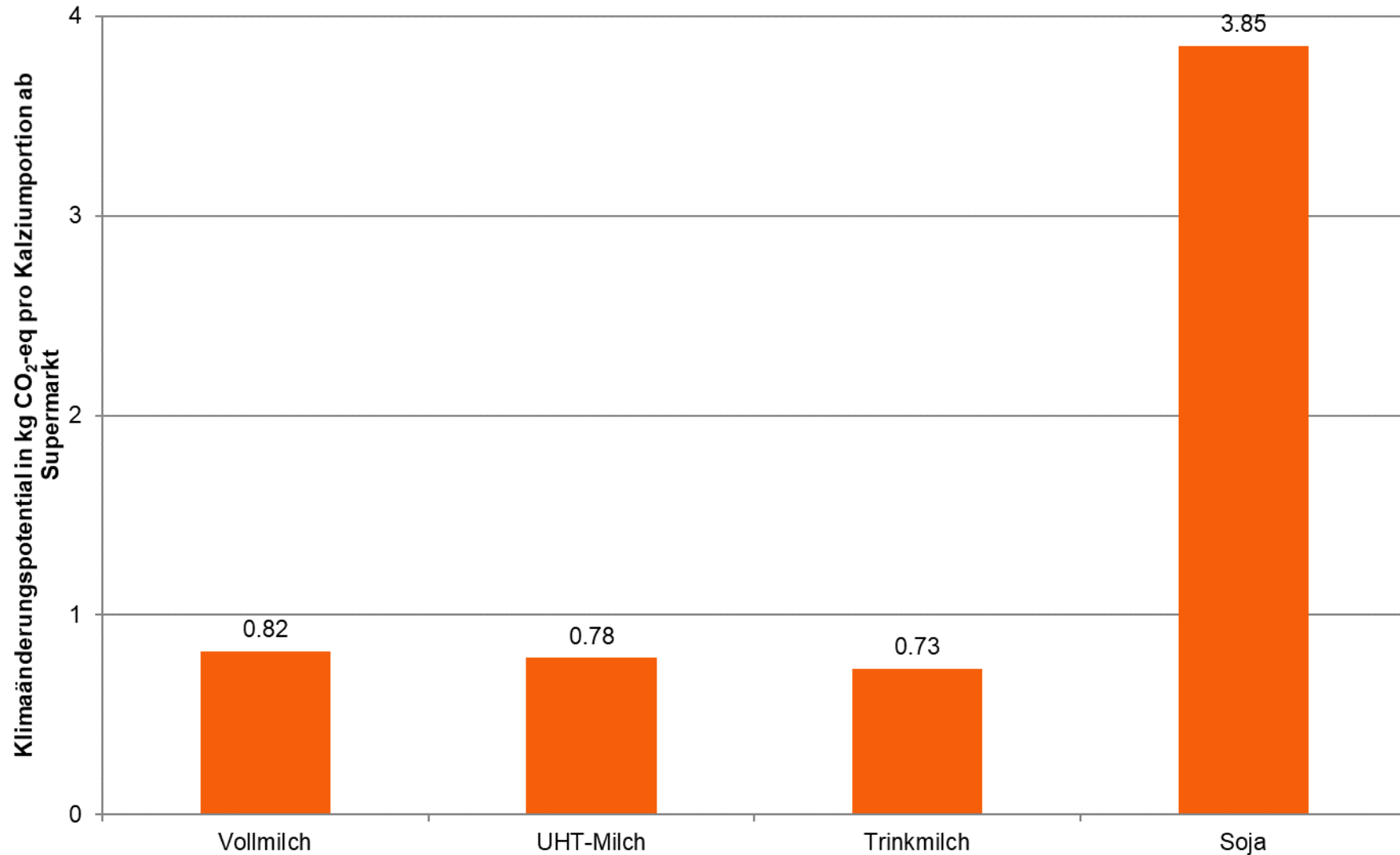


Fig. 5.13 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke mit nicht angereichertem Sojadrink in kg CO₂-eq pro 0.75 g Kalzium. Für die anderen untersuchten nicht angereicherten Drinks wurden keine Angaben zum Kalziumgehalt gefunden.

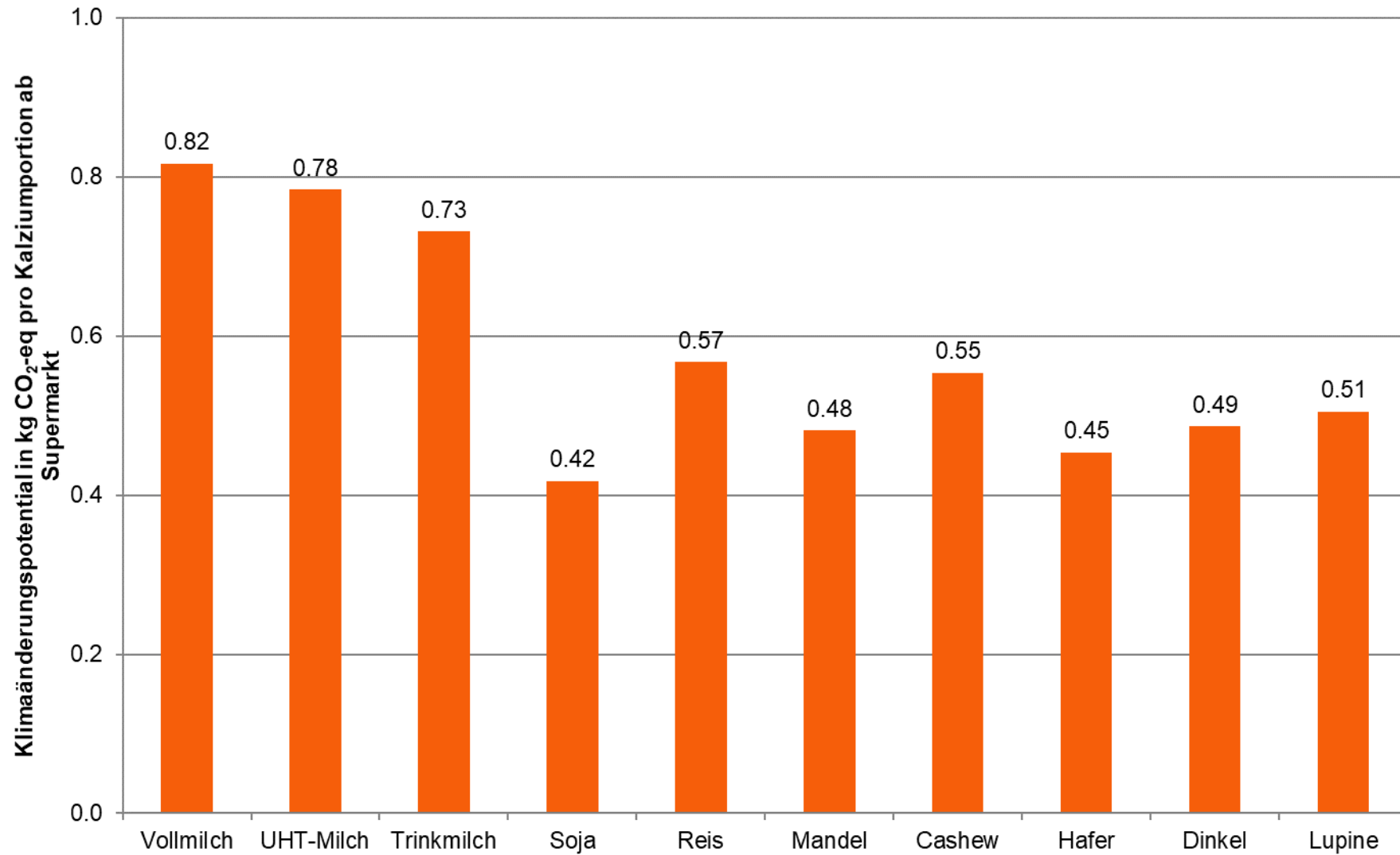


Fig. 5.14 Vergleich der verschiedenen Milchgetränke mit angereicherten Drinks in kg CO₂-eq pro 0.75 g Kalzium

5.2 Vergleich von Milch und Drinks im Haushalt

Für den Vergleich der verschiedenen Getränke im Haushalt wird zusätzlich die Kühlung der Getränke bis zum Verzehr berücksichtigt. Verluste durch den Verderb im Haushalt werden in dieser Studie nicht berücksichtigt. Die Kühlung im Kühlschrank macht lediglich ca. 3% der Gesamtumweltbelastungen aus, sorgt aber dafür, dass die UHT-Milch unter den getroffenen Annahmen geringfügig besser abschneidet als die Vollmilch. Da die Pflanzendinks wie die UHT-Milch bis zur Öffnung ungekühlt gelagert werden können, verbessert sich das Reduktionspotential der Pflanzendinks im Haushalt um durchschnittlich 2 Prozentpunkte. In der Realität werden aber auch UHT Getränke unter Umständen im Kühlschrank aufbewahrt, so dass diese Unterschiede nicht zu hoch gewichtet werden sollten.

5.3 Unsicherheitsanalysen

Für die Studie wurden keine Unsicherheitsanalysen durchgeführt.

6 Schlussfolgerungen

6.1 Allgemein

In diesem Kapitel werden die in der Zieldefinition gemäss Tab. 1.1 festgelegten Fragen beantwortet und erste Optimierungsmassnahmen vorgeschlagen. Andere Aspekte, die in sich in Ökobilanzen nicht abdecken lassen, wie beispielsweise die wahrgenommene Qualität oder Natürlichkeit der Produkte, werden hier nicht betrachtet.

Ob der Konsum der untersuchten pflanzlichen Getränke umweltschonender ist als diejenige der untersuchten pflanzlichen Drinks konnte nicht allgemein beantwortet werden. Die Beantwortung dieser Frage hängt von der gewählten funktionellen Einheit, also in diesem Falle vom Bedarf und Verwendungszweck des Konsumenten ab.

Ist der Nährstoffbedarf bereits anderweitig gedeckt und es geht lediglich um ein Produkt mit milchähnlichen Eigenschaften, dann sind die pflanzlichen Alternativen, abgesehen von Cashew Drinks, aus Umweltsicht empfehlenswert. Liegt der Fokus des Konsumenten nur auf der Reduzierung des eigenen Beitrags zum Klimawandel, so sind sogar alle untersuchten Pflanzendrinks empfehlenswert als Substitut für Kuhmilchgetränke. Die Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass selbst bei einer vollständigen Umstellung von Kuhmilch auf pflanzliche Drinks, das Reduktionspotential recht gering ist. Zudem ist eine solche Verhaltensänderung aktuell mit deutlichen finanziellen Mehrkosten verbunden und ist daher nicht für alle KonsumentInnen möglich.

Die Schweizer Gesellschaft für Ernährung empfiehlt den täglichen Verzehr von drei Milchproduktportionen.¹⁵ Dies entspricht einem täglichen Konsum von 600 ml Trink-Milch, wenn keine anderen Milchprodukte wie Joghurt oder Käse verzehrt werden. Somit können knapp 20 g Protein und 0.75 g Kalzium über den Verzehr von Milch aufgenommen werden. Bei den untersuchten Drinks weisen lediglich die Sojadrinks einen vergleichbaren Proteingehalt zur Kuhmilch auf. Die Sojadrinks sind daher eine aus Umweltsicht empfehlenswerte Alternativen zur Kuhmilch als Proteinquelle. Die empfohlene Tageszufuhr an Proteinen beträgt für eine erwachsene Person gemäss SGE 0.8 g Protein pro Kilogramm Körpergewicht¹⁶. Die von der SGE empfohlene tägliche Milchzufuhr deckt somit etwa ein Drittel des täglichen Proteinbedarfs einer erwachsenen in der Schweiz wohnhaften Person¹⁷.

Anders sieht die Rolle der Milch bei der Kalziumzufuhr aus, die SGE empfiehlt täglich die Aufnahme von 1 g Kalzium.¹⁸ Hier können die natürlichen, nicht angereicherten Pflanzendrinks die Kuhmilchprodukte nicht substituieren. Für viele Pflanzendrinks gibt es auch angereicherte Varianten, deren Kalziumgehalt an Kuhmilch angepasst worden ist. Eine Abschätzung der Umweltbelastungen dieser Zusatzstoffe konnte nur sehr grob gemacht werden. Auffällig ist, dass diese Varianten eher einen deutlich höheren Preis haben als die Varianten ohne Nährstoffzusätze was auf einen hohen Aufwand für die Produktion hindeutet. Die Anreicherung mit Kalzium verändert die Schlussfolgerungen aus dem vorherigen Absatz zum Liter-basierten Vergleich nicht. Allerdings verringert sich die Differenz zu den Kuhmilchgetränken in den Umweltbelastungen sowie dem Klimaänderungspotential deutlich. Weitere Untersuchungen zu den Umweltbelastungen dieser Zusatzstoffe wären jedoch wichtig, um hier eine abschliessende Beurteilung zu ermöglichen. Auch zur Verderblichkeit der untersuchten Drinks im Haushalt wäre eine grössere Studie interessant.

Der Vergleich der Kuhmilchvarianten untereinander zeigt, dass die Trinkmilch geringfügig besser abschneidet als die Vollmilch. Sie enthält aber auch weniger Fett und evtl. andere Nährstoffe. Der Kauf von UHT-Milch ist aus Umweltgesichtspunkten sinnvoll, wenn die Vollmilch nicht zeitnah getrunken wird und dann nach dem Anbruch sofort getrunken und nicht gekühlt wird.

¹⁵ http://www.sge-ssn.ch/media/sge_pyramid_long_D_20161.pdf

¹⁶ <http://www.sge-ssn.ch/grundlagen/lebensmittel-und-naehrstoffe/naehrstoffempfehlungen/empfehlungen-blv/>

¹⁷ <https://www.laenderdaten.info/durchschnittliche-koerpergroessen.php>

¹⁸ <http://www.sge-ssn.ch/grundlagen/lebensmittel-und-naehrstoffe/naehrstoffempfehlungen/dachreferenzwerte/>

Die grössten Umweltbelastungen der untersuchten Getränke werden durch den Beitrag zum Klimawandel, der Landnutzung, dem Ausstoß von Luftschadstoffen und Staub sowie der Emission von Wasserschadstoffen verursacht. Beim Cashewdrink leisten die Akkumulation der Schwermetalle im Boden den grössten Beitrag zur Umweltbelastung. Der treibende Verarbeitungsschritt für die Gesamtumweltbelastungen der untersuchten Produkte ist die Landwirtschaft, das heisst die Produktion der Rohmilch für die Kuhmilchalternativen und der Anbau der Nutzpflanzen für die pflanzlichen Drinks.

Betrachtet man hingegen nur den Beitrag der untersuchten Getränke zum Klimawandel, so spielen bei den pflanzlichen Drinks auch der Transport und die Verarbeitung sowie gegebenenfalls die Anreicherung mit Kalzium eine wichtige Rolle. Die Studie zeigt jedoch auch, dass der Anteil der pflanzlichen Zutaten je nach Drink und Hersteller stark variiert. Je geringer der Anteil der pflanzlichen Zutaten, desto besser fällt die Ökobilanz des Getränks pro Liter aus. Dies hat jedoch keinen Einfluss auf die Ökobilanzergebnisse pro Nährstoffportion, da mit einem geringeren Anteil pflanzlicher Zutaten ein geringerer Nährstoffgehalt einhergeht.

Viele der in der Schweiz vertriebenen Pflanzendrinks werden im EU-Ausland hergestellt. Die Belastungen insbesondere hinsichtlich Strombedarf bei der Verarbeitung und Transporten für den Import sind deshalb relativ hoch. Für in der Schweiz produzierte Pflanzendrinks könnten diese Belastungen evtl. noch etwas sinken.

6.2 Cashewdrink

Bei der Sachbilanz des Cashewanbaus bestehen grosse Unsicherheiten aufgrund der geringen Datenbasis für den landwirtschaftlichen Anbau. Die Daten für den konventionellen Cashewanbau beruhen auf der ausführlichen Sachbilanz von Brito de Figueirêdo (2016) für Brasilien. Grundlage der Daten sind Forschungsreihen einer Versuchsfarm zum Cashewanbau. Der Datensatz für Cashew in Ecoinvent 3.6 beruht auf den Angaben eines indischen Cashewfarmers. In diesem Datensatz werden andere Pestizide verwendet, die Cashewpflanzen jedoch künstlich bewässert, sodass die Gesamtumweltbelastungen vergleichbar sind. Weitere quantitative Angaben zur Pestizidnutzung im konventionellen Cashewanbau konnten nicht gefunden werden. Anderen Quellen für Sierra Leone (Costa & Bocchi 2017) und Tansania (Majune et al. 2018) bestätigen jedoch die wichtige Rolle von Kupfer-basierten Pestiziden im Cashewanbau. Ein weiterer Aspekt ist die unterschiedliche Bewertung von Pestiziden in verschiedenen Bewertungsmethoden. In der Methode der ökologischen Knappheit 2013 werden Schwermetalle höher gewichtet als in anderen Methoden. Dies wird mit der Version 2020 vermutlich ändern. Die hohen Belastungen beim Cashew sind somit unter Umständen nicht wirklich allgemeingültig.

7 Literatur

- Beretta & Hellweg 2019 Beretta C. and Hellweg S. (2019) Lebensmittelverluste in der Schweiz: Umweltbelastung und Vermeidungspotential. ETH Zürich im Auftrag des BAFU, Zürich.
- Berli 2014 Berli C. (2014) Wie ökologisch sind Milch-Ersatzprodukte?
- BFS 2019 BFS (2019) Entwicklung des Nahrungsmittelverbrauches in der Schweiz. Je Kopf und Jahr retrieved from: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/landforstwirtschaft/ernaehrung.assetdetail.9448817.html>.
- Brand et al. 1998 Brand G., Scheidegger A., Schwank O. and Braunschweig A. (1998) Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit - Ökofaktoren 1997. Schriftenreihe Umwelt 297. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- Brito de Figueirêdo et al. 2016 Brito de Figueirêdo M. C., Potting J., Lopes Serrano L. A., Bezerra M. A., da Silva Barros V., Gondim R. S. and Nemecek T. (2016) Environmental assessment of tropical perennial crops: the case of the Brazilian cashew. *In: Journal of Cleaner Production*, **112**, pp. 131-140, 10.1016/j.jclepro.2015.05.134.

- Costa & Bocchi 2017 Costa S. and Bocchi S. (2017) Manual for small-scale cashew cultivation in Sierra Leone.
- Dahllöv & Gustafsson 2008 Dahllöv O. and Gustafsson M. (2008) Livscykelanalys av Oatly havredryck
- ESU 2020 ESU (2020) The ESU database. ESU-services Ltd., Schaffhausen, retrieved from: www.esu-services.ch/data/database/.
- Frischknecht et al. 2007 Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.-J., Doka G., Dones R., Heck T., Hellweg S., Hischier R., Nemecek T., Rebitzer G. and Spielmann M. (2007) Overview and Methodology. ecoinvent report No. 1, v2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.org.
- Frischknecht et al. 2008 Frischknecht R., Steiner R. and Jungbluth N. (2008) Methode der ökologischen Knappheit - Ökofaktoren 2006. Umwelt-Wissen Nr. 0906. ESU-services GmbH im Auftrag des Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, retrieved from: www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01031/index.html?lang=de.
- Frischknecht et al. 2013 Frischknecht R., Büsser Knöpfel S., Flury K. and Stucki M. (2013) Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit: Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 1330. treeze und ESU-services GmbH im Auftrag des Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, retrieved from: www.bafu.admin.ch/uw-1330-d.
- Heiss 1996 Heiss R. (1996) Lebensmitteltechnologie - biotechnologische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung. Vol. Fuenfte, ueberarb. und erw. Aufl. XXIII, 473 S.: Ill. ; 24 cm. Springer, cop., ISBN 3-540-60111-2, Berlin.
- International Organization for Standardization (ISO) 2006a International Organization for Standardization (ISO) (2006a) Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. ISO 14040:2006; Second Edition 2006-06, Geneva.
- International Organization for Standardization (ISO) 2006b International Organization for Standardization (ISO) (2006b) Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. ISO 14044:2006; First edition 2006-07-01, Geneva.
- IPCC 2013 IPCC (2013) Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, retrieved from: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.
- Jekayinfa & Bamgboye 2006 Jekayinfa S. O. and Bamgboye A. I. (2006) Estimating energy requirement in cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut processing operations. *In: Energy*, **31**(8-9), pp. 1305-1320, 10.1016/j.energy.2005.07.001.
- Jungbluth et al. 2011 Jungbluth N., Nathani C., Stucki M. and Leuenberger M. (2011) Environmental impacts of Swiss consumption and production: a combination of input-output analysis with life cycle assessment. Environmental studies no. 1111. ESU-services Ltd. & Rütter+Partner, commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, CH, retrieved from: www.esu-services.ch/projects/iao/ or www.umwelt-schweiz.ch.
- Jungbluth et al. 2012 Jungbluth N., Itten R. and Stucki M. (2012) Umweltbelastungen des privaten Konsums und Reduktionspotenziale. ESU-services Ltd. im Auftrag des BAFU, Uster, CH, retrieved from: www.esu-services.ch/projects/lifestyle/.
- Jungbluth & König 2014 Jungbluth N. and König A. (2014) Ökobilanz Trinkwasser: Analyse und Vergleich mit Mineralwasser sowie anderen Getränken. ESU-services GmbH im Auftrag des Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW, Zürich, retrieved from: <http://www.esu-services.ch/de/projekte/lcafood/wasser/>.
- Jungbluth et al. 2016 Jungbluth N., Nowack K., Eggenberger S., König A. and Keller R. (2016) Untersuchungen zur umweltfreundlichen Eiweissversorgung – Pilotstudie. ESU-services GmbH für das Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, CH, retrieved from: <http://www.esu-services.ch/de/publications/foodcase/>.

- Jungbluth et al. 2018a Jungbluth N., Wenzel P. and Meili C. (2018a) Life cycle inventories of oil heating systems. ESU-services Ltd. commissioned by BFE, BAFU, Erdöl-Vereinigung, Schaffhausen, Switzerland, retrieved from: www.esu-services.ch/data/public-lci-reports/.
- Jungbluth et al. 2018b Jungbluth N., Meili C. and Wenzel P. (2018b) Life cycle inventories of oil refinery processing and products. ESU-services Ltd. commissioned by BFE, BAFU, Erdöl-Vereinigung, Schaffhausen, Switzerland, retrieved from: www.esu-services.ch/data/public-lci-reports/.
- Jungbluth & Meili 2018 Jungbluth N. and Meili C. (2018) Life cycle inventories of oil products distribution. ESU-services Ltd. commissioned by BFE, BAFU, Erdöl-Vereinigung, Schaffhausen, Switzerland, retrieved from: www.esu-services.ch/data/public-lci-reports/.
- Jungbluth & Meili 2019 Jungbluth N. and Meili C. (2019) Recommendations for calculation of the global warming potential of aviation including the radiative forcing index. *In: Int J Life Cycle Assess*, **24**(3), pp. 404-411, DOI: 10.1007/s11367-018-1556-3, retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-018-1556-3>, <https://rdcu.be/bbKZk>.
- Jungbluth et al. 2020a Jungbluth N., Meili C., Eberhart M., Annaheim J., Keller R., Eggenberger S., König A., Doublet G., Flury K., Büsser S., Stucki M., Schori S., Itten R., Leuenberger M. and Steiner R. (2020a) ESU World Food LCA Database - LCI for food production and consumption. ESU-services Ltd., Schaffhausen, CH, retrieved from: www.esu-services.ch/data/data-on-demand/.
- Jungbluth et al. 2020b Jungbluth N., Meili C., Eberhart M., Annaheim J., Keller R., Eggenberger S., König A., Doublet G., Flury K., Büsser S., Stucki M., Schori S., Itten R., Leuenberger M. and Steiner R. (2020b) Life cycle inventory database on demand: EcoSpold LCI database of ESU-services. ESU-services Ltd., Schaffhausen, CH, retrieved from: www.esu-services.ch/data/data-on-demand/.
- KBOB v2.2: 2016 KBOB v2.2: (2016) Datenbestand KBOB v2.2:2016. Bundesamt für Umwelt BAFU, Switzerland, retrieved from: www.ecoinvent.org.
- Majune et al. 2018 Majune D. J., Masawe P. A. and Mbega E. R. (2018) Status and Management of Cashew Disease in Tanzania. *In: International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, **3**(5), pp. 1590-1597, 10.22161/ijeab/3.5.4.
- Meili & Jungbluth 2018 Meili C. and Jungbluth N. (2018) Life cycle inventories of crude oil extraction. ESU-services Ltd. commissioned by BFE, BAFU, Erdöl-Vereinigung, Schaffhausen, Switzerland, retrieved from: www.esu-services.ch/data/public-lci-reports/.
- Meili et al. 2018 Meili C., Jungbluth N. and Wenzel P. (2018) Life cycle inventories of long distance transport of crude oil. ESU-services Ltd. commissioned by BFE, BAFU, Erdöl-Vereinigung, Schaffhausen, Switzerland, retrieved from: www.esu-services.ch/data/public-lci-reports/.
- Meili & Jungbluth 2019a Meili C. and Jungbluth N. (2019a) Life cycle inventories of crude oil and natural gas extraction. ESU-services Ltd. commissioned by Plastics Europe, Schaffhausen, Switzerland, retrieved from: www.esu-services.ch/data/public-lci-reports/.
- Meili & Jungbluth 2019b Meili C. and Jungbluth N. (2019b) Life cycle inventories of long-distance transport of crude oil. ESU-services Ltd. commissioned by Plastics Europe, Schaffhausen, Switzerland, retrieved from: www.esu-services.ch/data/public-lci-reports/.
- Mitchell & Shammet 2008 Mitchell P. r. and Shammet K. R. (2008) Lupin food product base and processes. California Natural Products, United States.
- Müller-Wenk 1978 Müller-Wenk R. (1978) Die ökologische Buchhaltung: Ein Informations- und Steuerungsinstrument für umweltkonforme Unternehmenspolitik. Campus Verlag Frankfurt.
- SimaPro 9.0 SimaPro (9.0) SimaPro 9.0 (2019) LCA software package. PRé Consultants, Amersfoort, NL, retrieved from: www.simapro.ch.
- von Koerber et al. 1999 von Koerber K., Männle T., Leitzmann C., Eisinger M., Watzl B. and Weiss G. (1999) Vollwert-Ernährung: Konzeption einer zeitgemässen Ernährungsweise. 9 Edition. Haug, ISBN 3-7760-1734-1, Heidelberg.

Winans et al. 2020 Winans K. S., Macadam-Somer I., Kendall A., Geyer R. and Marvinney E. (2020) Life cycle assessment of California unsweetened almond milk. *In: The International Journal of Life Cycle Assessment*, **25**(3), pp. 577-587, 10.1007/s11367-019-01716-5.

A. Anhang Bewertungsmethoden in Ökobilanzen

A.1 Klimaänderungspotenzial

Der Klimawandel ist ein globales Problem. Er führt zu verschiedenen direkten und indirekten Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, die vom Menschen geschaffenen Infrastrukturen und Umweltschäden, wie z.B.:

- Wärmere oder kältere Temperaturen an bestimmten Orten und zu bestimmten Zeiten.
- Veränderungen der Menge, der jährlichen Verteilung und des Ausmasses der Niederschläge und Schneefälle
- Änderungen in der Größe der Windgeschwindigkeiten
- Gletscherschmelze, die zum Verschwinden von Permafrostgebieten, höheren Meeresspiegel und Veränderungen im Salzgehalt der Ozeane führen.
- Versauerung der Ozeane durch höhere Kohlensäurekonzentration
- Veränderungen lokaler oder globaler Klimaphänomene wie Golfstrom, Monsunzeit etc.

Es gibt keine wirtschaftliche, technische Lösung, um diese Schäden rückgängig zu machen. Die Emissionen führen zu dauerhaften Veränderungen im Klimasystem der Erde. Bei der Überschreitung von sogenannten Kippunkten (z.B. Abschmelzen polarer Gletscher, Klimaänderung im Regenwald, Veränderung globaler Meeresströmungen, etc.) führt dies zu einer selbstverstärkenden Rückkopplung. Da eine Lösung für dieses Problem noch nicht in Sicht ist, wird es von vielen Forschern als derzeitig drängendstes globale Umweltproblem angesehen.

Für diejenigen Substanzen, welche zur Verstärkung des Treibhauseffekts beitragen, wird das „global warming potential“ (GWP) nach IPCC als Wirkungsparameter beigezogen (IPCC 2013). Dabei werden Absorptionskoeffizienten für infrarote Wärmestrahlung, die Verweildauer der Gase in der Atmosphäre und die erwartete Immissionsentwicklung berücksichtigt. Für verschiedene Zeithorizonte (20, 100 oder 500 Jahre) wird dann die potenzielle Wirkung eines Kilogramms eines Treibhausgases im Vergleich zu derjenigen eines Kilogramms CO₂ bestimmt. Somit können atmosphärische Emissionen in äquivalente Emissionsmengen CO₂ umgerechnet werden. Wird nichts Genaueres angegeben, so wird standardmässig von einem Zeithorizont von 100 Jahren ausgegangen. Der kürzere Integrationszeitraum von 20 Jahren ist relevant, da dieser die Temperaturveränderungsrate massgeblich bestimmt, welche wiederum die erforderliche Adaptionsfähigkeit für terrestrische Ökosysteme vorgibt. Die Verwendung der längeren Integrationszeiten von 500 Jahren entspricht auch etwa der Integration über einen unendlichen Zeithorizont und lässt Aussagen über das Potenzial der absoluten Veränderung zu (Meeresspiegelerhöhung, Veränderung der Durchschnittstemperatur).

Für den Indikator Klimaänderungspotenzial werden in der öffentlichen Diskussion eine Vielzahl zu-meist synonyme Begriffe verwendet, z.B. Treibhausgasemissionen, Carbon Footprint, Klimabilanz, Klimawandel, Klimabelastung, Klimafussabdruck, CO₂-Fussabdruck, CO₂-Bilanz, etc.. Diese Begriffe sind nicht klar definiert. Relevant für die Unterscheidung ist dabei nicht der Begriff an sich,

sondern die verwendete Version der IPCC Charakterisierungsfaktoren, der Zeithorizont, die berücksichtigten Klimagase¹⁹ und der Einbezug von zusätzlichen Effekten durch den Luftverkehr.

Die aktuellste Version der Charakterisierungsfaktoren wurde 2013 veröffentlicht (IPCC 2013). Auf Wunsch berücksichtigen wir in unserer Studie auch den zusätzlichen Effekt durch die Emissionen von Flugzeugen mit dem sogenannten RFI Faktor (Jungbluth & Meili 2019).

Die aktuellen Emissionen pro Person und Jahr liegen in der Schweiz bei knapp 14 Tonnen CO₂-eq. Tab. A.7.1 zeigt weitere typische Referenzwerte für diesen Indikator, dabei wurde mit der Methode IPCC mit den RFI Faktoren gerechnet.

Tab. A.7.1 Referenzwerte für Produkte und Dienstleistungen, die 1kg CO₂-eq verursachen

5672	Liter Wasser ab Leitung in der Schweiz
11.7	Zentimeter Strasse, für ein Jahr genutzt
1.0	Kilogramm fossiles CO ₂ , direkt emittiert
0.03	Kilogramm fossiles Methan, direkt emittiert
1.4	Liter Rohöl gefördert, mit Transport bis zur Raffinerie
3%	des privaten Tageskonsums einer Person in der Schweiz, 2018
3%	des Tageskonsums einer Person in der Schweiz
3	km Transport einer Person per Flugzeug
5	km Transport einer Person per Auto (Auslastung 1.6 Personen)
122	km Transport einer Person per Fahrrad
12%	eines vegetarischen Menüs mit 4 Gängen
6%	eines fleischhaltigen Menüs mit 3 Gängen
20%	des täglichen Nahrungsmittelkonsums einer Person in der Schweiz, 2018
27	Plastiktragtaschen (Produktion, Vertrieb und Entsorgung)
0.11	T-Shirts aus Baumwolle
0.47%	der Produktion eines Laptops
56%	des täglichen Konsums für Hobbies/Freizeitaktivitäten in der Schweiz, 2018
100%	des täglichen Konsums für Möbeln und Haushaltsgeräten in der Schweiz, 2018

A.2 Methode der ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte) (2013)

Die Methode der ökologischen Knappheit erlaubt die Gewichtung der in einer Sachbilanz erfassten und berechneten Ressourcenentnahmen und Schadstoff-Emissionen. Die Grundlagen der Methode wurden erstmals 1978 (Müller-Wenk 1978) erarbeitet. Die erste Aktualisierung erfolgte 1998 (Brand et al. 1998). Eine weitere Aktualisierung fand zwischen 2005 und 2008 statt (Frischknecht et al. 2008). Die aktuellste Version wurde 2013 veröffentlicht (Frischknecht et al. 2013).

Die Methode der ökologischen Knappheit beruht auf dem Prinzip "Distance-to-target". Dabei werden einerseits die gesamten gegenwärtigen Flüsse einer Umwelteinwirkung (z.B. Stickoxide) eines Landes und andererseits die im Rahmen der umweltpolitischen Ziele des entsprechenden Landes als maximal zulässig erachteten (kritischen) Flüsse derselben Umwelteinwirkung verwendet. Sowohl kritische wie auch aktuelle Flüsse sind in Bezug auf schweizerische Verhältnisse definiert. Fig. A.7.1 zeigt ein vereinfachtes Vorgehensschema dieser Bewertungsmethode. Daraus geht hervor, dass die Schritte Klassifizierung und Charakterisierung nur für einen Teil der Umweltprobleme durchgeführt

¹⁹ Einige weniger Autoren rechnen auch heute noch nur mit den Kohlendioxid Emissionen ohne Berücksichtigung weiterer Klimagase.

werden. Ansonsten werden die Umwelteinwirkungen (Emissionen und Ressourcenverbrauch) und Abfallmengen aus der Sachbilanz direkt gewichtet.

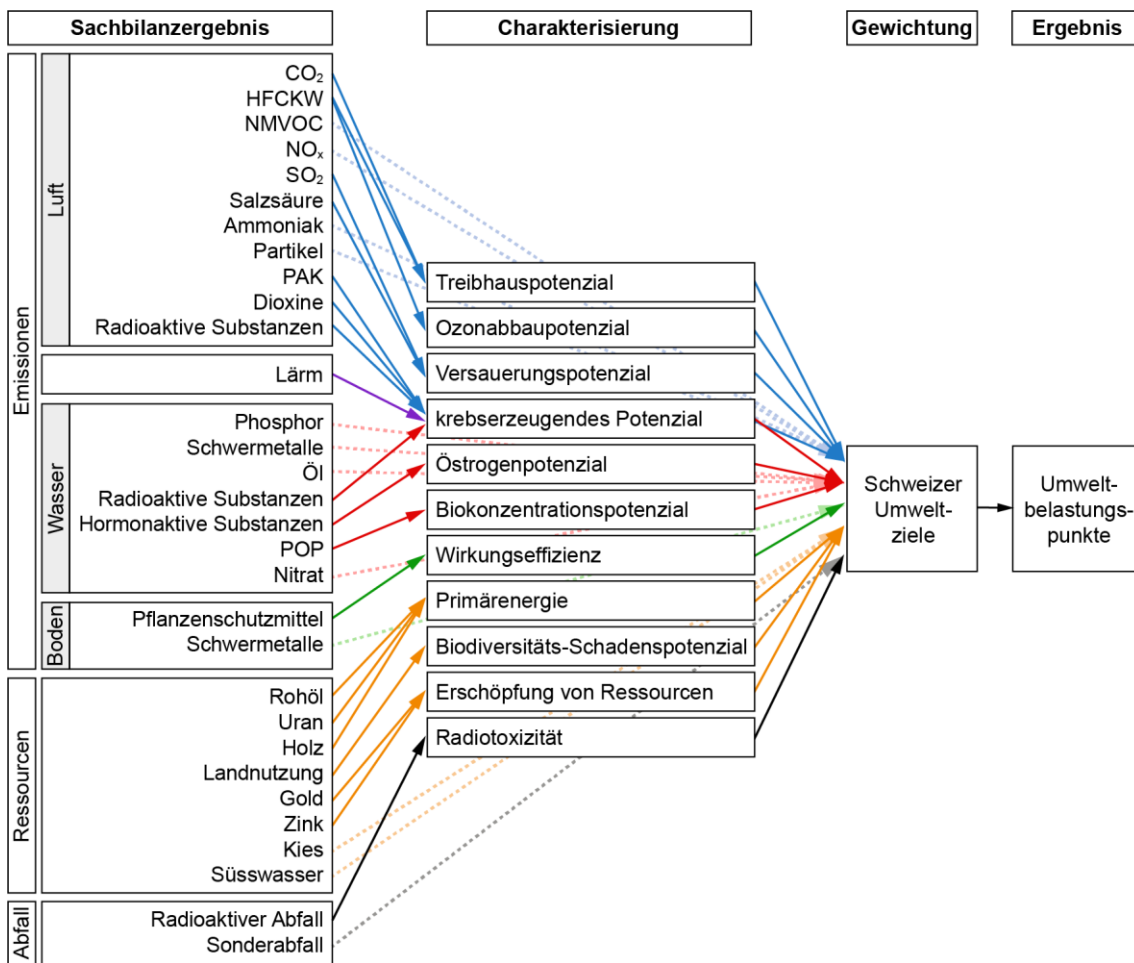


Fig. A.7.1 Schematische Darstellung der Methode der ökologischen Knappheit 2013 (Frischknecht et al. 2013)

Die Bewertung erfolgt mittels Ökofaktoren welche wie folgt definiert sind:

$$\text{Ökofaktor} = \underbrace{K}_{\substack{\text{Charakterisierung} \\ \text{(optional)}}} \cdot \underbrace{\frac{1 \cdot \text{UBP}}{F_n}}_{\text{Normierung}} \cdot \underbrace{\left(\frac{F}{F_k}\right)^2}_{\text{Gewichtung}} \cdot \underbrace{c}_{\text{Konstante}} \quad (\text{A.1})$$

mit: **K** = **Charakterisierungsfaktor** eines Schadstoffs beziehungsweise einer Ressource

Fluss= Fracht eines Schadstoffs, Verbrauchsmenge einer Ressource oder Menge einer charakterisierten Umwelteinwirkung

F_n = **Normierungsfluss**: Aktueller jährlicher Fluss, bezogen auf die Schweiz

F = **Aktueller Fluss**: Aktueller jährlicher Fluss, bezogen auf das Referenzgebiet

F_k = **Kritischer Fluss**: Kritischer jährlicher Fluss, bezogen auf das Referenzgebiet

c = **Konstante** (10¹²/a)

UBP = **Umweltbelastungspunkt**: die Einheit des bewerteten Ergebnisses

Der Faktor c ist für alle Ökofaktoren identisch und dient der besseren Handhabbarkeit der Zahlen. Der erste Faktor dient der *Charakterisierung* und wird für Schadstoffe (beziehungsweise Ressourcen) angewendet, welche dieselbe Umweltwirkung verursachen (beispielsweise Klimaänderung). Der

Charakterisierungsfaktor ist in dieser Methode optional, das heisst nicht alle Schadstoffe werden in dieser Methode charakterisiert. Der zweite Term dient der *Normierung* und enthält im Nenner den heutigen gesamtschweizerischen Fluss. Dieser wird entweder in charakterisierter Form angegeben (beispielsweise Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr), wenn der für den entsprechenden Schadstoff ein Charakterisierungsfaktor angewendet wird, oder in seiner ursprünglichen Form (beispielsweise Tonnen PM10 pro Jahr), wenn der Schadstoff keinen Charakterisierungsfaktor hat. Der dritte Term enthält den *Gewichtungsschritt*. Hier werden die aktuellen Emissionen einerseits und das angestrebte Emissionsziel ins Verhältnis gesetzt und quadriert.

Das Verhältnis aktueller zu kritischem Fluss wird als Quadrat berücksichtigt. Dies hat den Effekt, dass starke Überschreitungen vom Zielwert (kritischer Fluss) überproportional und starke Unterschreitungen unterproportional gewichtet werden, also eine zusätzliche Emission stärker gewichtet wird je höher die Belastungssituation bereits ist.

Tausend Umweltbelastungspunkte (1000 UBP) entsprechen den in Tab. A.7.2 gezeigten Referenzwerten

Tab. A.7.2 Referenzwerte für Produkte und Dienstleistungen, die 1000 Umweltbelastungspunkte verursachen

2114	Liter Wasser ab Leitung in der Schweiz
4.25	Zentimeter Strasse, für ein Jahr genutzt
2.17	Kilogramm fossiles CO ₂ , direkt emittiert
0.08	Kilogramm fossiles Methan, direkt emittiert
0.071	Gramm Kupfereintrag in landwirtschaftlich genutztem Boden
1.24	Liter Rohöl gefördert mit Transport bis zur Raffinerie
33	Kilogramm Kiesabbau
3.33	Gramm Pestizidanwendung in der Landwirtschaft
1.8%	des privaten Tageskonsums einer Person in der Schweiz, 2005
4.5	km Transport einer Person per Flugzeug
4.5	km Transport einer Person per Auto (Auslastung 1.6 Personen)
96	km Transport einer Person per Fahrrad
6%	eines vegetarischen Menüs mit 4 Gängen
4%	eines fleischhaltigen Menüs mit 3 Gängen
6%	des täglichen Nahrungsmittelkonsums einer Person in der Schweiz, 2005
38	Plastiktragtaschen (Produktion, Vertrieb und Entsorgung)
0.08	T-Shirts aus Baumwolle
0.23%	der Produktion eines Laptops
27%	des täglichen Konsums für Hobbies/Freizeitaktivitäten in der Schweiz, 2005
55%	des täglichen Konsums für Möbeln und Haushaltsgeräten in der Schweiz, 2005

B.Anhang Sachbilanzdaten

B.1 Hintergrunddatenbank

Die ESU Datenbank 2019 (ESU 2020) basiert auf dem KBOB-Ökobilanzdatenbestand v2.2:2016 (KBOB v2.2: 2016).

Zusätzlich wurden von ESU-services in etwa 50 Datensätzen Fehler entdeckt und korrigiert. Für einige Datensätze erfolgte von ESU-services ein Update. Von ESU-services wurden auch zusätzliche Hintergrunddaten wie z.B. für die Trinkwasserbereitstellung in einer Reihe von Ländern erhoben und ergänzt (Jungbluth & König 2014). Ausserdem wurden alle auf <http://esu-services.ch/data/public-lci-reports/> verfügbaren Daten importiert.

Integriert wurden in diese Datenbank auch aktuelle Daten für Erdölförderung, Erdgasförderung, Ferntransport, Verarbeitung, Distribution und Nutzung von Heizölen (Jungbluth et al. 2018a; Jungbluth et al. 2018b; Jungbluth & Meili 2018; Meili & Jungbluth 2018; Meili et al. 2018; Meili & Jungbluth 2019a, b).

Weitere Informationen zu den verfügbaren Datenbanken sind in einer Internetdokument verfügbar.²⁰

²⁰ Eine detaillierte Beschreibung der verfügbaren Datenbanken steht auf <http://esu-services.ch/de/address/angebote/> zur Verfügung.