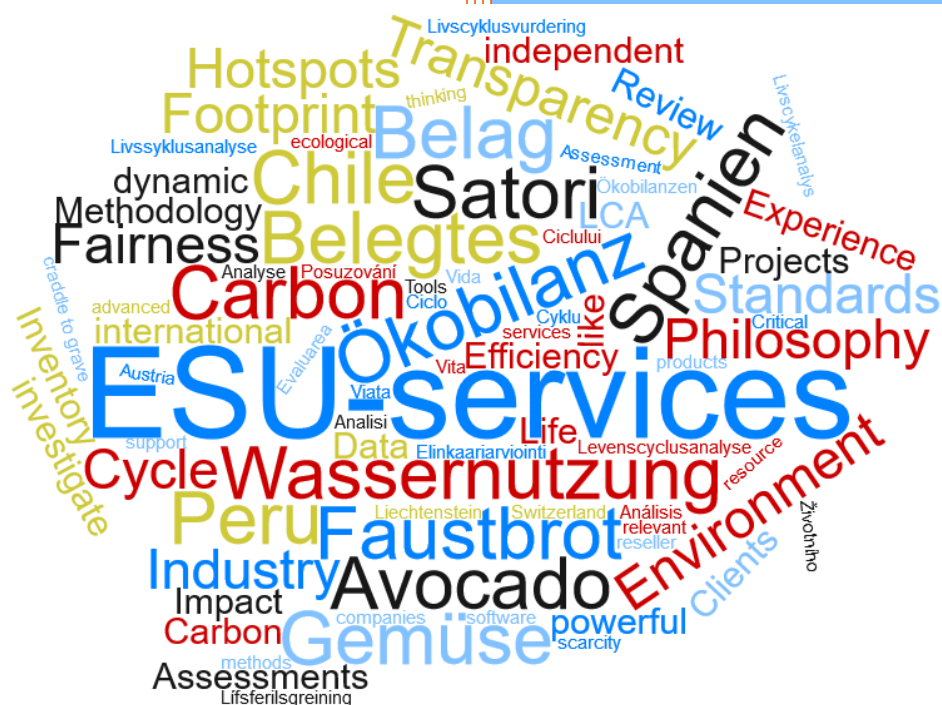


2020

# Ökobilanz Avocado: Analyse und Beurteilung im Vergleich mit anderen Produkten



# Impressum

## Zitiervorschlag

Niels Jungbluth;Martina Eberhart;Martin Ulrich;Christoph Meili ( 2020) Ökobilanz Avocado: Analyse und Beurteilung im Vergleich mit anderen Produkten. ESU-services GmbH im Auftrag von Satori S.A., Schaffhausen, Schweiz, [www.esu-services.ch/de/publications/foodcase/](http://www.esu-services.ch/de/publications/foodcase/)

ESU-services GmbH  
Vorstadt 14, CH-8200 Schaffhausen

## Auftragnehmer

Tel. 0041 44 940 61 32  
[jungbluth@esu-services.ch](mailto:jungbluth@esu-services.ch)  
[www.esu-services.ch](http://www.esu-services.ch)

## Auftraggeber

Satori S.A.  
Hugo Isler (Di, Mi)  
Chemin du Coteau 29 E/F, CH-1123 ACLENS  
[hugo@satori.ch](mailto:hugo@satori.ch)  
Telefon: +41 21 869 03 00, Mobile: +41 79 293 11 46  
[www.satori.ch](http://www.satori.ch)

## Stichwörter

Avocado;Brotaufstrich;Wasserverbrauch;Wassernutzung

## Kurztext

In einer Ökobilanz von Avocados werden verschiedene Herkunftsregionen verglichen und Avocados als Brotaufstrich anderen Optionen gegenübergestellt. Die Belastungen beim Brotaufstrich sind niedriger als bei anderen salzigen Optionen.

## Über uns

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.

## 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](http://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

17.08.20 09:50  
[https://esuserVICES-my.sharepoint.com/personal/mitarbeiter1\\_esuserVICES\\_onmicrosoft\\_com/Documents/633 LCA Avocados/Bericht/jungbluth-2020-LCA-Satori-Avocados-v5.0.docx](https://esuserVICES-my.sharepoint.com/personal/mitarbeiter1_esuserVICES_onmicrosoft_com/Documents/633%20LCA%20Avocados/Bericht/jungbluth-2020-LCA-Satori-Avocados-v5.0.docx)

# Inhalt

<b>INHALT</b>	<b>II</b>
<b>ÖKOBILANZ AVOCADO: ANALYSE UND BEURTEILUNG IM VERGLEICH MIT ANDEREN PRODUKTEN</b>	<b>III</b>
<b>1 AUSGANGSLAGE UND FRAGESTELLUNG</b>	<b>1</b>
<b>2 METHODIK FÜR ÖKOBILANZEN</b>	<b>2</b>
2.1 ISO 14040-44 (Produktökobilanzen)	2
2.2 ISO 14072 (Ökobilanz von Unternehmen)	3
2.3 Transparenz und Glaubwürdigkeit	3
<b>3 ZIELDEFINITION</b>	<b>4</b>
3.1 Funktionelle Einheit	4
3.2 Geographische Rahmenbedingungen	4
3.3 Bewertung der Sachbilanzergebnisse	5
3.4 Hinweis bezüglich ISO-Konformität der Studie	5
<b>4 DATENERHEBUNG UND MODELLIERUNG DER SACHBILANZ</b>	<b>5</b>
<b>5 AUSWERTUNG UND INTERPRETATION</b>	<b>7</b>
5.1 Landwirtschaftlicher Anbau	7
5.1.1 Gesamtumweltbelastung	7
5.1.2 Wasserfussabdruck	8
5.2 Transport bis zum Schweizer Supermarkt	10
5.3 Vergleich von Avocado als Brotbelag mit anderen Optionen	11
5.3.1 Gesamtumweltbelastungen	11
5.3.2 Beitrag zum Klimawandel	13
5.3.3 Wasserfussabdruck	14
5.3.4 Beurteilung von Umweltbelastung und Nährstoffgehalt	15
5.4 Unsicherheitsanalysen	15
<b>6 SCHLUSSFOLGERUNGEN</b>	<b>16</b>
<b>7 LITERATUR</b>	<b>17</b>
<b>A. ANHANG BEWERTUNGSMETHODEN IN ÖKOBILANZEN</b>	<b>20</b>
A.1 Klimaänderungspotenzial	20
A.2 Methode der ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte) (2013)	21
A.3 AWARE – Wasserfussabdruck	24
<b>B. ANHANG SACHBILANZDATEN</b>	<b>27</b>
B.1 Hintergrunddatenbank	27
B.2 Belegte Brote	27

# Ökobilanz Avocado: Analyse und Beurteilung im Vergleich mit anderen Produkten

Zusammenfassung der Studie: Niels Jungbluth; Martina Eberhart; Martin Ulrich; Christoph Meili (2020) Ökobilanz Avocado: Analyse und Beurteilung im Vergleich mit anderen Produkten. ESU-services GmbH im Auftrag von Satori S.A., Schaffhausen, Schweiz, [www.esu-services.ch/de/publications/foodcase/](http://www.esu-services.ch/de/publications/foodcase/)

## Ziel der Studie

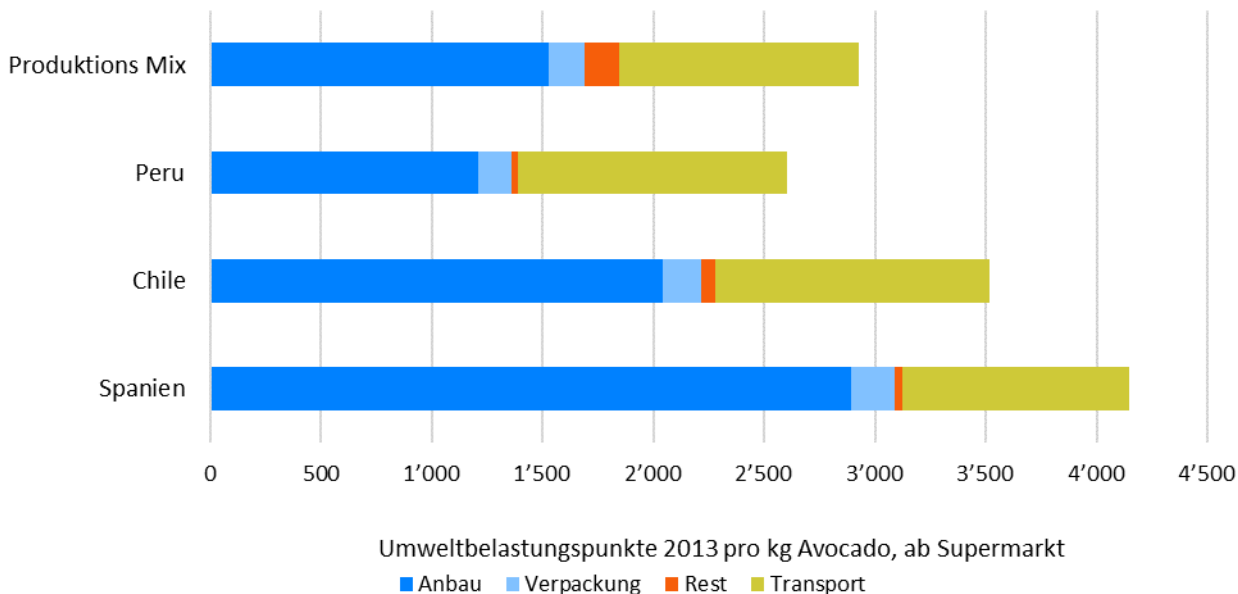
Ziel der «Ökobilanz Avocado» ist es, ein differenzierteres Bild zum Thema Umweltbelastung und Wasserverbrauch in der Produktion und beim Konsum von Avocados zu geben. Im Auftrag der Firma Satori wurden Ökobilanzen zu Avocados im Schweizer Supermarkt aus den Herkunftsländern Chile, Peru und Spanien erstellt. Als Funktionelle Einheit wurde ein Kilogramm Avocado verkauft im Schweizer Supermarkt verwendet. Um die Avocados mit anderen Nahrungsmitteln vergleichen zu können, wurde zusätzlich noch ein mit Avocado belegtes Brot bilanziert und mit anders belegten Broten verglichen. Die Funktionelle Einheit dafür ist ein Brot mit verschiedenen Belagsoptionen. Der Rahmen der Ökobilanz erstreckt sich von der landwirtschaftlichen Produktion im Herkunftsland, über den Transport mit Schiff und Lkw in die Schweiz, die Lagerung und den Verkauf. Für die belegten Brote wurde zusätzlich der Weg zum Konsumenten und das Brot selbst bilanziert. Zur Bewertung der Umweltbelastung wird die Methode der ökologischen Knappheit (Frischknecht et al. 2013) verwendet und die Gesamtbelastung in «Umweltbelastungspunkten – UBP» bilanziert. Der Wasserfussabdruck wird anhand der AWARE Methode (Boulay et al. 2018) berechnet. Für die belegten Brote wird zusätzlich das Klimaänderungspotential mit der Carbon Footprint (IPCC 2013) Methode bewertet.

## Datenerhebung

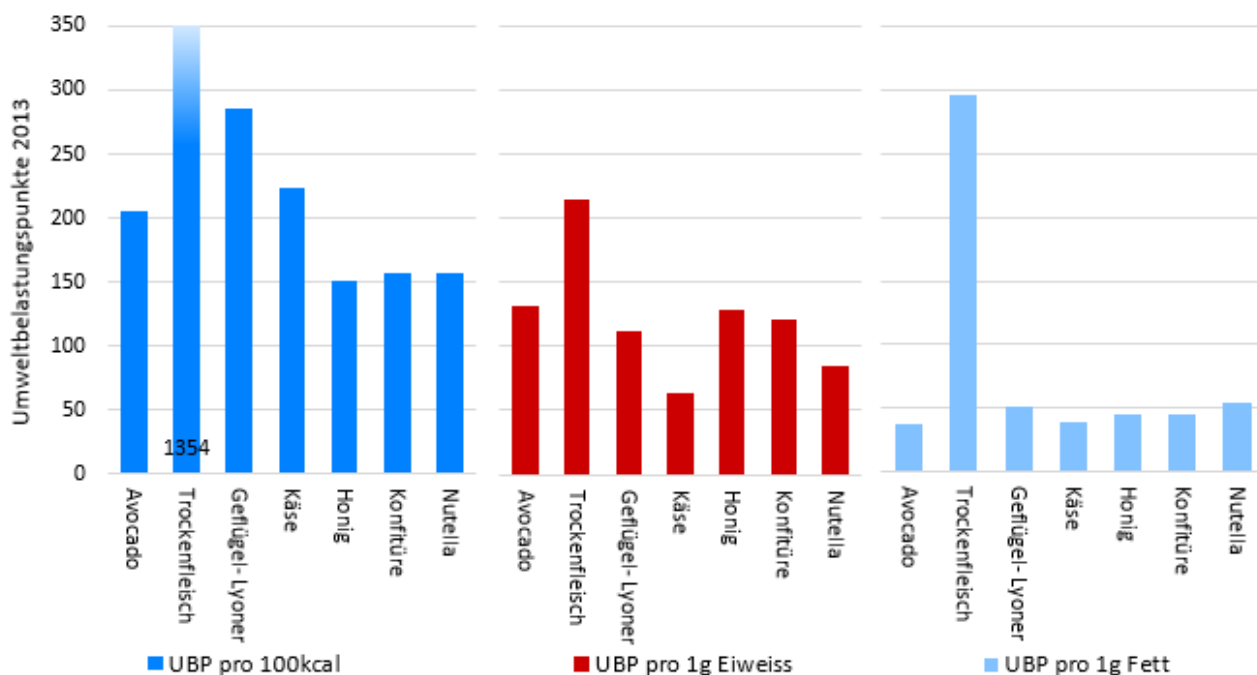
Die Datenerhebung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber, welcher der Produzent der Avocados ist. Die entsprechenden Inventardatensätze wurden der unternehmensinternen Datenbank von ESU-services (ESU 2020; Jungbluth et al. 2020a) entnommen. Wo keine Daten vorhanden waren, wurden Standartwerte eingesetzt.

## Ergebnisse

Wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist, verursachen die Avocados aus Peru die geringste Umweltbelastung, gefolgt von Chile und anschliessend Spanien mit dem höchsten Wert. Der grösste Teil der Belastungen entsteht durch den Anbau der Avocado. An zweiter Stelle steht der Transport, während die Verpackung und der Rest nur eine untergeordnete Rolle in der Gesamtbelastung spielen. Obwohl der Transportweg per Schiff aus Übersee mehr Umweltbelastung verursacht als der Transport aus Spanien, ist er nur von geringer Bedeutung für die Gesamtbelastung. Die hohe Belastung der spanischen Avocados im Anbau begründet sich mit dem erhöhten Wasserstress in Spanien. Dies führt dazu, dass obwohl der tatsächliche Wasserbedarf in Peru am grössten ist, die spanischen Avocados schlechter abschneiden. Flugtransporte sind für die drei Beispielregionen nicht notwendig. Sie würden aber zu deutlich höheren Belastungen führen.



Ein Vergleich von Avocado zu anderen Nahrungsmittelprodukten ist nur für eine definierte Verwendung möglich. Im Vergleich der belegten Brote schneidet das mit Avocado belegte Brot besser ab als Brote, welche mit tierischen Produkten belegt sind (Trockenfleisch, Geflügel-Lyoner, Käse). Jedoch führt es zu einer höheren Umweltbelastung als die süßen Varianten (Honig, Nutella, Konfitüre). Die folgende Abbildung zeigt die Umweltbelastung der belegten Brote in Relation zum Nährstoffgehalt. Beim Nährwert (kcal) liegt das Avocado Brot erneut zwischen den tierischen und den süßen Varianten. Beim Eiweiss schneidet das mit Avocado belegte Brot etwas schlechter, und beim Fett etwas besser ab. Diese Ergebnisse sind jedoch mit Vorsicht zu geniessen, da sie stark vom individuell variierenden Belag der Brote abhängen. Generell lässt sich festhalten das Avocado im Vergleich zu alternativen Produkten damit nicht negativ auffällt.



# 1 Ausgangslage und Fragestellung

Der Auftraggeber importiert exotische Früchte aus einer Reihe von Ländern in die Schweiz und ist seit drei Jahren direkt in der Produktion von Mangos in Peru involviert.

Avocados sind seit einiger Zeit in der Kritik aufgrund ihres angeblich hohen Wasserbedarfs. Das Thema „Wasserverbrauch in der Produktion von Avocados“ soll deshalb in einer Studie differenzierter betrachtet werden. Dabei macht es z.B. einen Unterschied, ob das Wasser dem Grundwasser (Blaues Wasser) entzogen wird oder aber als Oberflächenwasser (grünes Wasser), im Falle von Peru, aus den Anden gesammelt und zur Bewässerung verwendet wird. Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass der Wasserbedarf nur ein Umweltaspekt ist und für eine vollständige Beurteilung alle Umweltaspekte berücksichtigt werden müssen.

In einem 2016 abgeschlossenen Projekt wurden im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Umwelt (BAFU) die Umweltbelastungen verschiedener Nahrungsmittel und Gerichte auf Basis pflanzlicher Eiweisslieferanten detailliert untersucht (Jungbluth et al. 2016). Die Struktur der Auswertungen in dieser Pilotstudie wird hier berücksichtigt.

Eine Kurzbeschreibung des Projektes wird in Tab. 1.1 gezeigt.

Tab. 1.1 Übersicht zum Projekt

Titel		Ökobilanz Avocado: Analyse und Beurteilung im Vergleich mit anderen Produkten
Auftraggeber		Satori S.A.
Untersuchte Produkte		Folgende Vergleiche werden durchgeführt: <ul style="list-style-type: none"> <li>Vergleich von Avocados aus Peru, Chile und Spanien, die in der Schweiz verkauft werden</li> <li>Vergleich des Konsums von Avocado als Brotbelag mit verschiedenen anderen Brotbelägen:</li> </ul>
Funktionelle Einheit		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ein kg Avocado aus verschiedenen Ländern im Schweizer Supermarkt</li> <li>Ein belegtes Brot mit verschiedenen Belagsoptionen im Schweizer Haushalt</li> </ul>
Fragestellung		Folgende Fragen sollen mit der Studie beantwortet werden: <ul style="list-style-type: none"> <li>Wie sieht die Ökobilanz für die Plantagen des Auftraggebers in Peru und importierte Produkte aus Chile und Spanien aus?</li> <li>Wie hoch sind die Umweltbelastungen der verschiedenen Varianten für den Konsum von Avocados und anderen Produkten?</li> <li>Sind Avocados bezüglich des Wasserverbrauchs besonders problematisch?</li> <li>Welche Faktoren spielen bei der Beurteilung eine Rolle?</li> </ul>
Bilanzraum		Landwirtschaftliche Produktion, Transport in die Schweiz, Lagerung, Verkauf, Konsum inkl. der notwendigen Verpackungen (Cradle-to-plate)
Software		SimaPro 9.0
Datenbanken		ESU 2020; Jungbluth et al. 2020a
Umweltbewertung		<ul style="list-style-type: none"> <li>Methode der ökologischen Knappheit (UBP) 2013 (Frischknecht et al. 2013)</li> <li>Klimaänderungspotential auch Carbon Footprint genannt (IPCC 2013) inklusive zusätzlicher Einflüsse von Flugtransporten (Jungbluth &amp; Meili 2019)</li> <li>Wasserkonsum gemäss der AWARE Methode (Boulay et al. 2018)</li> </ul>
Standards		ISO 14040 (International Organization for Standardization (ISO) 2006a, b)
Vergleichende Studie		Ja.
Publikation		Ja. Die Studie soll z.B. zur Information der Kunden bereitgestellt werden.
Dokumentation		Schlussbericht (Deutsch)
Kritische Prüfung		Interne Validierung durch Christoph Meili

## 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 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 Produkt<sup>1</sup> 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. 2.1):

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

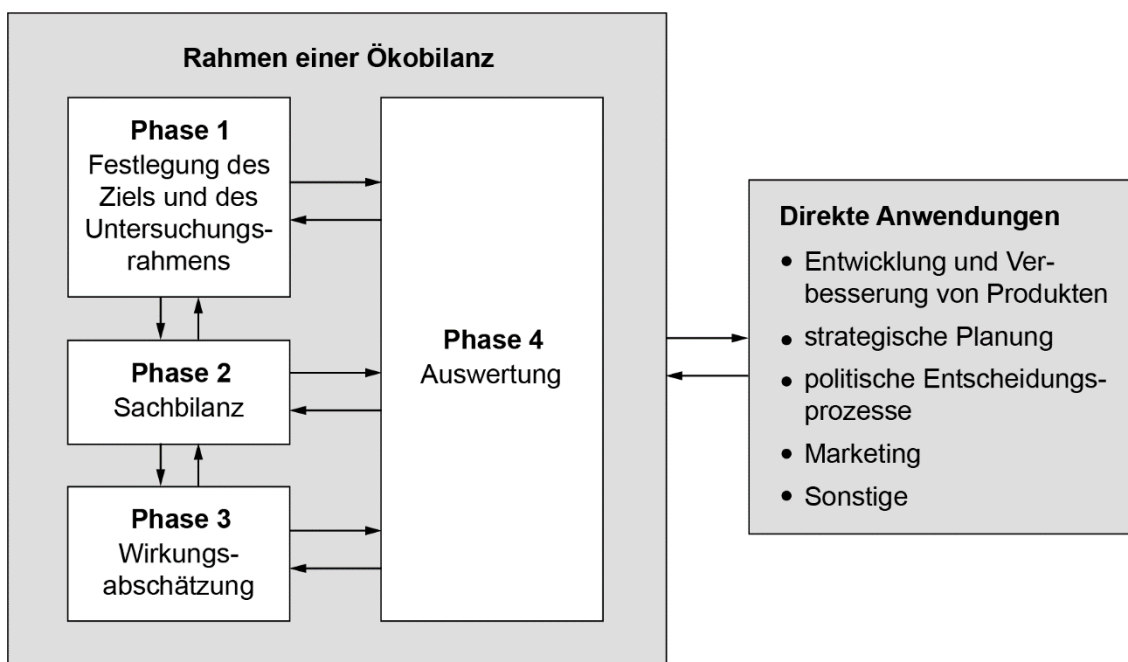


Fig. 2.1 Bestandteile einer Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA); Bezeichnungen in Deutsch (International Organization for Standardization (ISO) 2006a)

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.

1 Der Begriff Produkt schliesst hier Dienstleistungen mit ein.

In der *Sachbilanz* (=Ökoinventar, Phase 2) werden die Umwelteinwirkungen<sup>2</sup> und der Bedarf an Halbfabrikaten, Hilfsstoffen und Energie der am Produktlebenszyklus beteiligten Prozesse erfasst 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.

---

2 Ressourcennutzung und Schadstoffemissionen.



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 Aussage<sup>3</sup> 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 CO<sub>2</sub>-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 anderer eiweisshaltiger Produkte (Jungbluth et al. 2016).

#### 3.1 Funktionelle Einheit

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

Es werden drei Funktionelle Einheiten definiert:

- 1kg Avocado ab Farm (Peru, Spanien und Chile)
- 1kg Avocado ab Supermarkt in der Schweiz (drei einzelne Länder und vom Produzenten verkauften Mix)
- Eine belegte Brotscheibe (mit unterschiedlichen Belägen, darunter Avocado)

#### 3.2 Geographische Rahmenbedingungen

Produktion der Avocados in den Ländern Peru, Chile und Spanien. Verkauf und Konsum in der Schweiz.

---

<sup>3</sup> Umweltaussage zur Überlegenheit oder Gleichwertigkeit eines Produktes im Vergleich zu einem Konkurrenzprodukt mit dem gleichen Verwendungszweck

### 3.3 Bewertung der Sachbilanzergebnisse

Für die Studie werden die Bewertungsgrößen gemäss Tab. 1.1 verwendet<sup>4</sup>. Nähere Informationen zu den Methoden werden im Anhang A gezeigt:

- Bewertung verschiedener Arten von Umweltbelastungen in Luft, Wasser und Boden mit der Methode der ökologischen Knappheit (UBP) 2013 (Frischknecht et al. 2013)<sup>5</sup>. Dabei wird auch die Wassernutzung als ein Umweltaspekt betrachtet.
- Wasserfussabdruck gemäss der zur Zeit gängigen AWARE Methode (Boulay et al. 2018)
- 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 Review wurde nicht durchgeführt.

## 4 Datenerhebung und Modellierung der Sachbilanz

Die verwendeten Daten für den Anbau stammen mehrheitlich vom Auftraggeber. Dieser hat die Informationen wiederum von zwei Produzenten aus Chile, von zwei Produzenten aus Spanien und von sechs Produzenten aus Peru erhalten. Betrachtet wurden dabei folgende Abschnitte des Lebenszyklus:

- Landwirtschaftliche Produktion der Avocados pro Hektar (Ertrag, Wasserbedarf und Quelle, Wasserableitung, Düngemittel, Pestizide, Dieselverbrauch, Strombedarf für Bewässerung, Landflächenverbrauch etc.).
- Import in die Schweiz bis zum Zentrallager (Umschlagorte, Verkehrsmittel, Art der Kühlung), Energiebedarf Zentrallager (Strom, Kühlung), Ethylen Bedarf für die Reifung und durchschnittliche Distanz bis zum Verkaufsort.
- Durchschnittliche Herkunft Avocado (Anteil der drei Lieferländer)
- Distribution zum Schweizer Endkunden: Standardannahmen.
- Heimtransport und Lagerung: Standarddaten
- Avocado als Brotaufstrich (weitere Zutaten, Mengen pro Brotscheibe): Standardportionen
- Dort wo vom Auftraggeber keine Informationen zur Verfügung standen, wurden Standarddaten verwendet.

Bei der Produktion wurde der Energie-, Wasser-, Düngemittel- und Pestizidbedarf, sowie, die Produktionsmenge und die dafür benötigte Landfläche für die Bewirtschaftung und Ernte berücksichtigt. Beim Import wurde die Verpackung und der Transport miteinbezogen, wie auch die Lagerung und Kühlung der Avocados. Beim Verkauf ab Supermarkt wurden wiederum weitere Transportwege und Verpackungen miteinberechnet. Bei allen Prozessen wurden zudem immer die Lebensmittelverluste berücksichtigt. Die Avocado wurde dann letztendlich als Brotaufstrich oder Belag mit anderen möglichen Brotbelägen (Fleisch, Käse, Honig, Konfitüre, Nutella) bezüglich ihren Umweltwirkungen verglichen.

---

<sup>4</sup> Eine detaillierte Beschreibung der häufig genutzten Bewertungsmethoden für Umweltbelastungen steht auf <http://esu-services.ch/de/address/angebote/> zur Verfügung. In der englischsprachigen Version werden die Bewertungsmethoden für den Wasserfussabdruck genauer beschrieben.

<sup>5</sup> Genauer: Es wird die ressourcenkorrigierte Version für die Verwendung mit Daten aus UVEK/KBOB-Datenbank verwendet.

Die Sorte Avocados, die aus den drei betrachteten Ländern kommt wird grundsätzlich mit dem Schiff transportiert. Daneben vertreibt der Auftraggeber auch eine tropische Sorte Avocados, die nicht lange haltbar ist und deshalb mit dem Flugzeug transportiert wird. Diese Avocados aus Brasilien und der Dominikanischen Republik machen nur 0.19% der verkauften Menge aus und wurden deshalb nicht im Detail untersucht. In der Durchschnittsbilanz und in einem Szenario werden diese Flugtransporte einbezogen.

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 zu diesem Bericht verfügbar.<sup>6</sup>

Die neu erhobenen Daten werden in einem vertraulichen Anhang im EcoSpold v1 Format vollständig dokumentiert.

---

<sup>6</sup> Eine detaillierte Beschreibung der verfügbaren Datenbanken steht auf <http://esu-services.ch/de/address/angebote/> zur Verfügung.

## 5 Auswertung und Interpretation

Es werden eine Reihe von 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 Landwirtschaftlicher Anbau

#### 5.1.1 Gesamtumweltbelastung

Fig. 5.1 zeigt die Umweltbelastung der Avocado Produktion für die Anbauggebiete Chile, Spanien und Peru, aufgeteilt auf die verschiedenen Wirkungskategorien der Methode der ökologischen Knappheit. Der Anbau der Avocados in Peru hat die kleinste Umweltbelastung, es folgt Chile und Spanien. Vor allem die Kategorien «Wasserkonsum» und «Wasserschadstoffe» sind bei den Avocados aus Spanien deutlich grösser.

Obwohl der Wasserverbrauch in Peru und Chile grösser ist, fällt der Einfluss der Wirkungskategorie «Wasserkonsum» in Spanien deutlich stärker ins Gewicht. Dies liegt daran, dass der Ökofaktor der UBP Methode für den Wasserkonsum (welcher anhand der Wasserknappheit im jeweiligen Land berechnet wird) in Spanien rund 550 Mal grösser ist als in Chile und sogar über 800 Mal grösser ist als in Peru (Frischknecht et al. 2013). In der Wirkungskategorie «Wasserschadstoffe» wirkt sich der 22% respektive 23% höhere Verbrauch von N-Dünger in Spanien im Vergleich zu Chile respektive Peru negativ aus. In Spanien ist ausserdem der Ertrag pro Hektar am niedrigsten und damit die Landnutzung am höchsten.

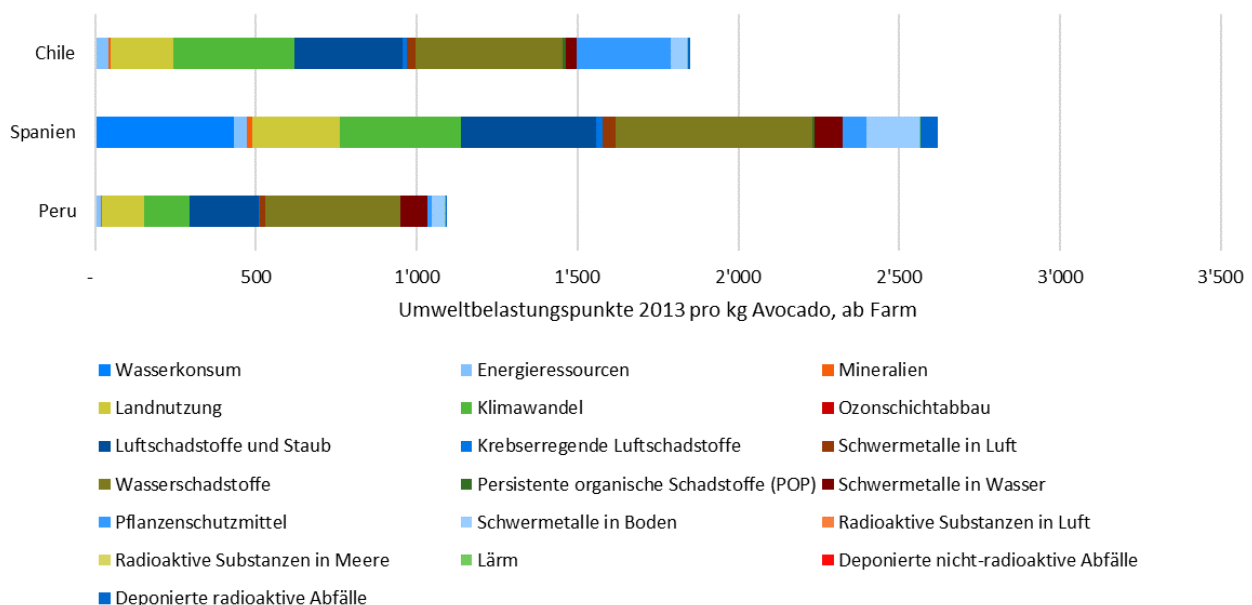


Fig. 5.1 Vergleich der landwirtschaftlichen Anbauggebiete nach Wirkungskategorien (Umweltbelastungspunkte 2013 pro kg Produkt ab Farm)

In Fig. 5.2 ist die Umweltbelastung des Avocado Anbau aufgeteilt auf die Beiträge "N-Dünger, andere Dünger, Energie, direkte Emissionen und Rest" dargestellt. Am relevantesten wirkt sich der N-Dünger auf die Umwelt aus. Dies insbesondere wegen der direkten Gewässer- und Luftverschmutzungen bei der Düngeranwendung. Am zweitwichtigsten sind andere direkte Emissionen vom Feld. Bei diesen direkten Emissionen sind insbesondere die Pestizide, welche in den Boden gelangen rele-

vant. In Spanien fallen diese Emissionen besonders stark ins Gewicht. Ausserdem ist der Energiebedarf in Peru deutlich geringer als in Spanien oder Chile. Allerdings erscheinen die dortigen Angaben zum Dieselbedarf eher zu niedrig bzw. relativ unsicher.

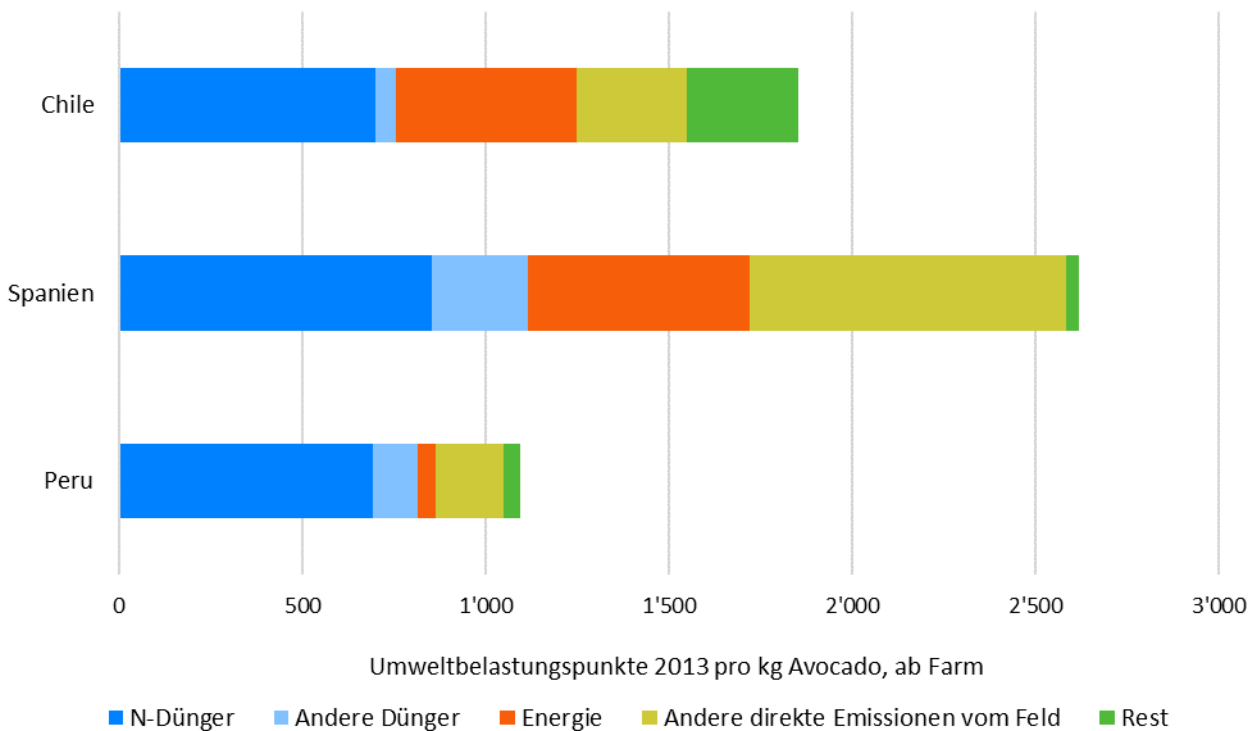


Fig. 5.2 Umweltwirkungen (Umweltbelastungspunkte 2013) der direkten Emissionen, der Energie, des N-Dünger, der anderen Dünger und dem Rest für 1kg Avocado beim landwirtschaftlichen Anbau

### 5.1.2 Wasserfussabdruck

In Fig. 5.3 sind verschiedene Berechnungen für den Wasserfussabdruck des Avocado Anbaus dargestellt. Der tatsächliche Wasserverbrauch liegt in dieser Studie zwischen 550 und 850 Liter Wasser pro kg Avocados. In kritischen Zeitungsartikeln, wie zum Beispiel demjenigen der NOZ<sup>7</sup> (November 2019) wird meist von einem Wasserverbrauch von 1000 Liter pro kg Avocado gesprochen, was höher wäre als die in dieser Studie erhobenen Daten.

Chile hat pro kg Avocado den grössten AWARE-Wasserfussabdruck, gefolgt von Spanien und Peru. Je knapper die Ressource Wasser an Orten mit hoher Verbrauchsquote ist, desto grösser wird der AWARE Wasserfussabdruck. Der Globale Durchschnitt für den Wasserfussabdruck ist ein Wert von 1, die Skala der AWARE Methode geht von 0.1 bis 100. Aus Fig. 5.3 ist somit ersichtlich, dass an allen Anbau-Orten ein kritischer Wasserverbrauch herrscht, da die charakterisierten Ergebnisse deutlich grösser als der direkte Verbrauch sind.

Als dritte Option wird der Wasserfussabdruck gemäss der Methode der ökologischen Knappheit gezeigt. Dafür wurden die Umweltbelastungspunkte in m<sup>3</sup> Wasser umgerechnet. Die Methode verwendet den Schweizer Durchschnitt als Referenz und basiert auf älteren Grundlagen als die AWARE Methode. Die Rangfolge sieht hier deutlich anders aus, mit extrem hohen Werten für Spanien im Gegensatz zu den beiden anderen Ländern.

<sup>7</sup> <https://www.noz.de/deutschland-welt/wirtschaft/artikel/1926802/superfood-mit-schlechter-oekobilanz-avocado-im-porte-fast-verfuenffacht>, 18.2.2020

Der Wasserverbrauch spielt hauptsächlich dann eine wichtige Rolle, wenn Wasser als Ressource knapp ist oder die Wassergewinnung mit hohen Umweltwirkungen verbunden ist. Bei beiden Bewertungsmethoden wird das Ergebnis fast vollständig durch den Wasserbedarf beim landwirtschaftlichen Anbau verursacht und nicht durch andere Wasserverbräuche in vorgelagerten Prozessen. Diese Gegenüberstellung zeigt auch wie hoch die Unsicherheiten bei einer solchen Betrachtung sind und das unterschiedliche Ansätze zu unterschiedlichen Interpretationen führen können.

Ein direkter Vergleich mit anderen landwirtschaftlichen Produkten wie zum Bsp. Bananen, Rindfleisch ist kaum aussagekräftig, da diese Produkte einen recht unterschiedlichen Nährstoffgehalt haben und verschiedene Funktionen bei der Ernährung erfüllen.

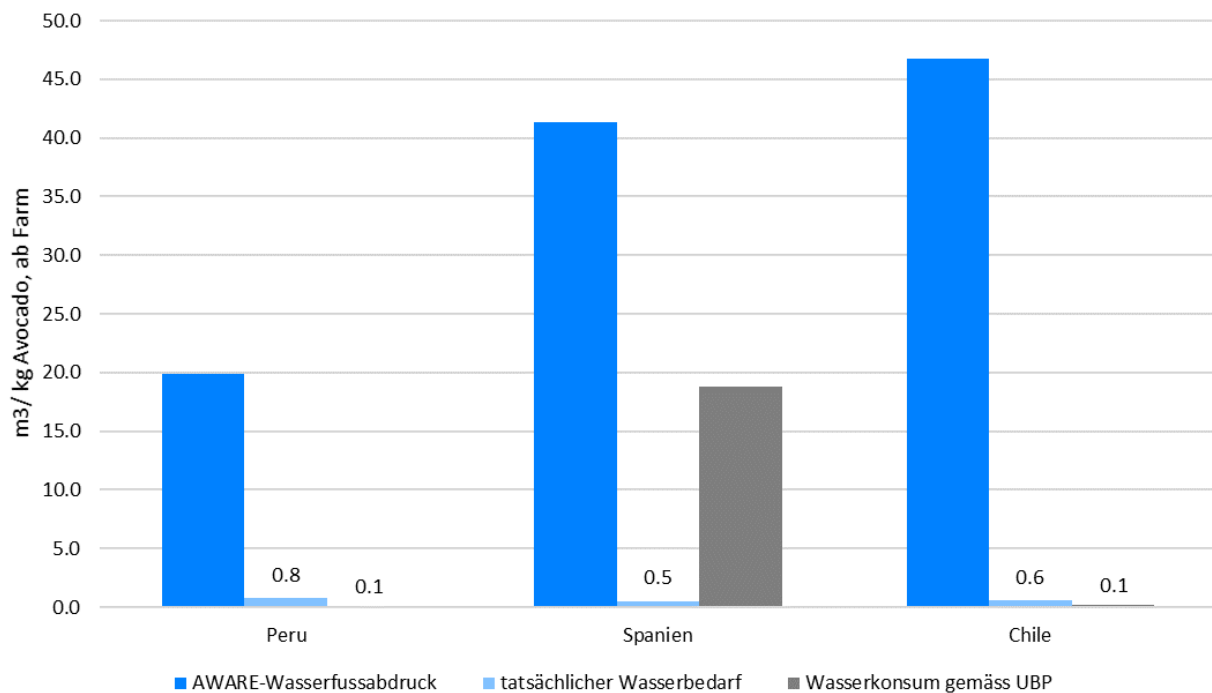


Fig. 5.3 Vergleich der landwirtschaftlichen Anbauggebiete nach Wasserfussabdruck in m<sup>3</sup> (AWARE Methode 2018, tatsächlicher Wasserbedarf gemäss den Produzenten aus Peru, Spanien und Chile und Wasserkonsum gemäss der UBP-Methode) pro kg Produkt ab Farm

## 5.2 Transport bis zum Schweizer Supermarkt

In Fig. 5.4 ist die Umweltbelastung der Avocados ab Schweizer Supermarkt dargestellt. Dabei werden neben dem Anbau auch die Transportprozesse, Lagerung, Verpackungen und Verderb miteinbezogen, welche nach dem Anbau anfallen. Im Durchschnitt liegt die Umweltbelastung bei knapp 2900 UBP/kg. Bei den Avocados aus Peru verdoppelt sich die Umweltbelastung durch die weiteren Stufen. In Chile ist sie um ein Drittel grösser. Spanische Avocados haben weiterhin die höchste Umweltbelastung. Diese erhöht sich aber nur um ein Sechstel bis zum Supermarkt. Zusätzlich ist die Umweltwirkung des Produktionsmix dargestellt, wobei die Umweltwirkungen der drei Länder anhand ihrer Produktionsmengen gewichtet wurden. Der grösste Teil der Avocados kommt aus Peru, weshalb die durchschnittliche Umweltbelastung des Produktionsmix auch unter jener von Spanien und Chile liegt. Allgemein sind hauptsächlich die Anteile der Wirkungskategorien "Luftschadstoffe und Staub" sowie "Klimawandel" gestiegen, was vor allem mit den zusätzlichen, langen Transportwegen zu begründen ist.

Beim Wasserfussabdruck gibt es keine Verschiebungen hinsichtlich des Vergleichs der Herkunftsregionen, da weiterhin die direkten Belastungen durch den Wasserverbrauch beim Anbau das Gesamtergebnis bestimmen.

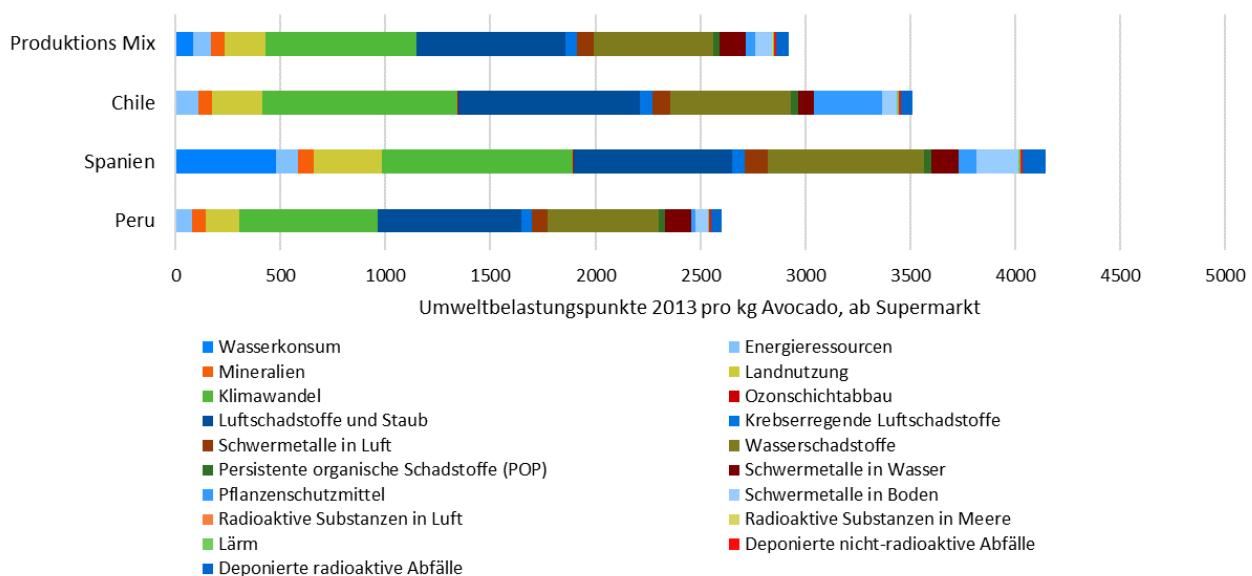


Fig. 5.4 Vergleich der landwirtschaftlichen Anbauggebiete, sowie des nach produzierten Mengen gewichteten Produktionsmix (Umweltbelastungspunkte 2013 pro kg Produkt ab Supermarkt)

In Fig. 5.5 sind die Umweltwirkungen ab Supermarkt aufgeteilt auf Anbau, Transport, Verpackung und Sonstiges dargestellt. Bei allen Avocados wird die grösste Umweltbelastung durch den Anbau verursacht. Etwa ein Viertel oder sogar weniger wird vom Transport und nur noch ein sehr kleiner Anteil von den Verpackungen und dem Rest (Lagerung, Energie, Entsorgung) verursacht. Beim Transport mit dem LKW/ Schiff machen die Distanzen also keinen grossen Unterschied.

Etwa ein Drittel der Avocados wird zur Nachreifung mit Ethylen (auch als Ethen bezeichnet) begast. Teilweise wird dies in Medien als sehr bedenklich aus Umweltsicht dargestellt.<sup>8</sup> In dieser Ökobilanz trägt die Begasung inklusive der daraus entstehenden Emissionen jedoch deutlich weniger als 0.001% zu den Gesamtbelastungen bei und ist damit völlig irrelevant.

<sup>8</sup> <http://www.zeit.de/2016/43/avocado-superfood-anbau-ökologie-trend> In diesem Artikel wird der Eindruck erweckt Ethen sei hochgiftig, da es ein Grundstoff für die Pestizidherstellung ist. Das eine hat jedoch mit dem anderen nichts zu tun.

Wird nur der Beitrag zum Klimawandel angeschaut sind die Unterschiede zwischen den verschiedenen Herkunftsregionen kleiner und alle liegen in der gleichen Grössenordnung von etwa 1.5-2 kg CO<sub>2</sub>-eq pro kg Produkt ab Supermarkt. Hingegen ist der Unterschied zum geflogenen Produkt dann noch grösser welches 21 kg CO<sub>2</sub>-eq pro kg Avocado und somit rund 10 mal höhere Emissionen verursacht.

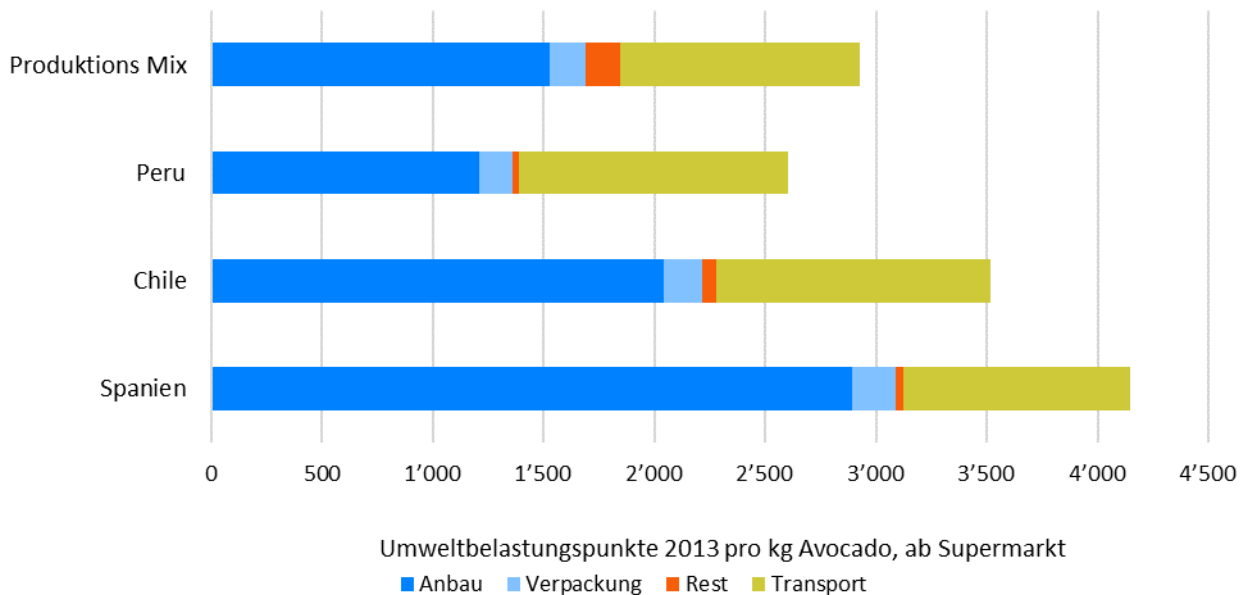


Fig. 5.5 Umweltwirkungen von Anbau, Transport, Verpackung und Sonstigem für 1kg Avocado ab Supermarkt (Umweltbelastungspunkte 2013).

## 5.3 Vergleich von Avocado als Brotbelag mit anderen Optionen

### 5.3.1 Gesamtumweltbelastungen

Avocado als Nahrungsmittel kann vom Konsumenten sehr vielseitig eingesetzt werden. Gut vergleichbar mit anderen Produkten ist es zum Beispiel als Brotbelag. In Fig. 5.6 werden die Umweltwirkungen von unterschiedlich belegtem Sandwich verglichen. Dabei wird bei jedem Sandwich von einer Brotscheibe à 50g ausgegangen. Ausser bei Avocado und Nutella wird überall Butter verwendet. Für die Menge des Belages wurden Standardportionsgrössen verwendet. Dabei kann es je nach Person sehr unterschiedliche Vorlieben und Verhaltensweisen geben. So kann es z.B. sein, dass einige Menschen auch bei Avocado oder Nutella zusätzlich Butter verwenden würden. Die Verwendung von Butter würde den Kalorien und Fettgehalt der belegten Brote sowie die Umweltbelastungen erhöhen. Da es sich bei Butter um ein tierisches Produkt handelt, macht die Standardportion von 10g Butter pro Brot beim Honig- und Konfitüre-Brot ein Drittel (130 UBP) der Umweltbelastung aus und ist für gut 75kcal und 8g Fett verantwortlich.

Am schlechtesten bezüglich der Umweltbelastung schneidet das belegte Brot mit Trockenfleisch ab. Danach kommen die Brote mit Geflügel- Lyoner und Käse. Das durchschnittliche Brot mit Avocado (LKW und Schiff), löst eine Umweltbelastung von ca. 600 UBP aus und ist damit bei den salzigen Belägen die beste Variante.

Noch besser schneiden die «Süssen» Beläge Honig, Konfitüre und Nutella ab. Während der Unterschied vom Trockenfleisch- zum Avocado Belag (LKW; Schiff) über 3500 UBP ausmacht, beträgt der Unterschied zwischen einem mit Avocado belegten und einem mit Nutella bestrichenen Brot nur noch rund 250 UBP. Dass das mit Trockenfleisch belegte Brot so viel schlechter abschneidet als das



ebenfalls mit Fleisch aber Geflügel- Lyoner belegte Brot, liegt an der Fleischqualität und am Wassergehalt. Während bei der Geflügel- Lyoner auch unbeliebteres Fleisch bzw. Nebenprodukte wie Fett und Haut verwendet werden, handelt es sich beim Trockenfleisch meist um ein hochwertiges Fleisch. Zudem werden der Lyoner oft noch Wasser oder andere Zusatzstoffe hinzugefügt, während dem Trockenfleisch Wasser entzogen wird. Dies hat zur Folge, dass für das Trockenfleisch pro kg Endprodukt mehr Fleisch benötigt wird. Der Wasserkonsum hat gemäss der verwendeten Bewertungsmethode bei allen Varianten nur einen sehr geringen Einfluss und ist für die Gesamtbewertung aus Umweltsicht nicht relevant.

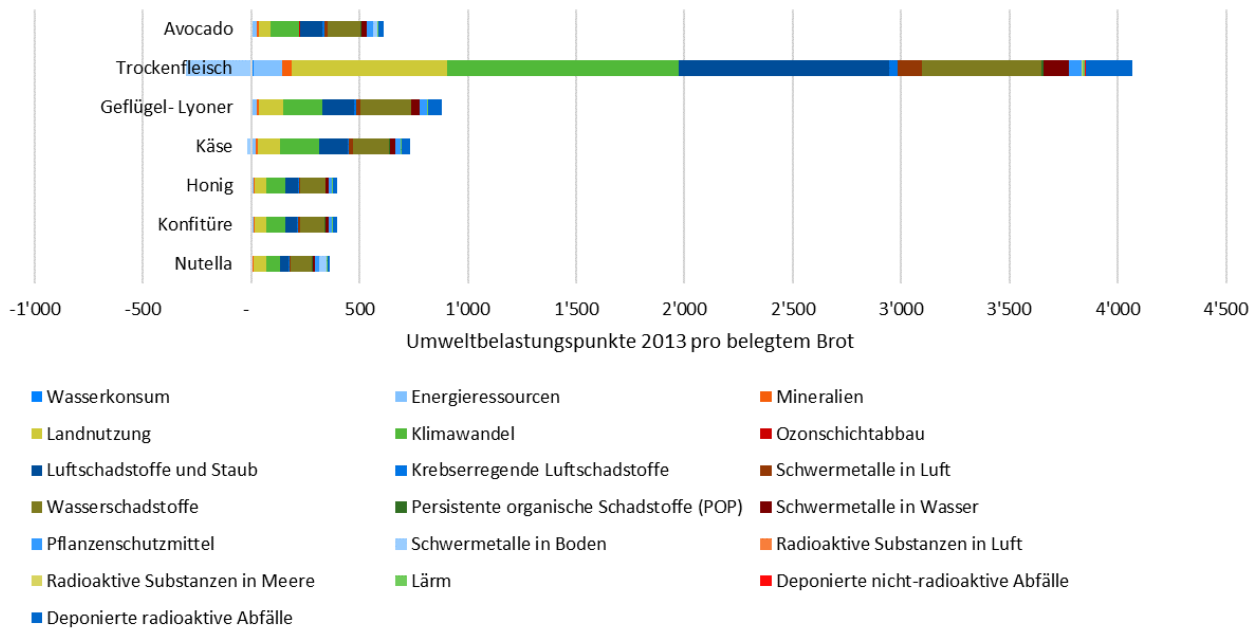


Fig. 5.6 Vergleich der verschiedenen Brotbeläge von den belegten Broten in Umweltbelastungspunkten 2013 pro Stück

### 5.3.2 Beitrag zum Klimawandel

Beim Vergleich der CO<sub>2</sub>-Äquivalente der verschiedenen belegten Brote, welcher in Fig. 5.7 zu sehen ist, ist ersichtlich, dass das Avocado Brot besser abschneidet als die anderen salzigen Varianten. Die «süss» belegten Brote mit Honig, Konfitüre und Nutella verursachen die geringsten Belastungen.

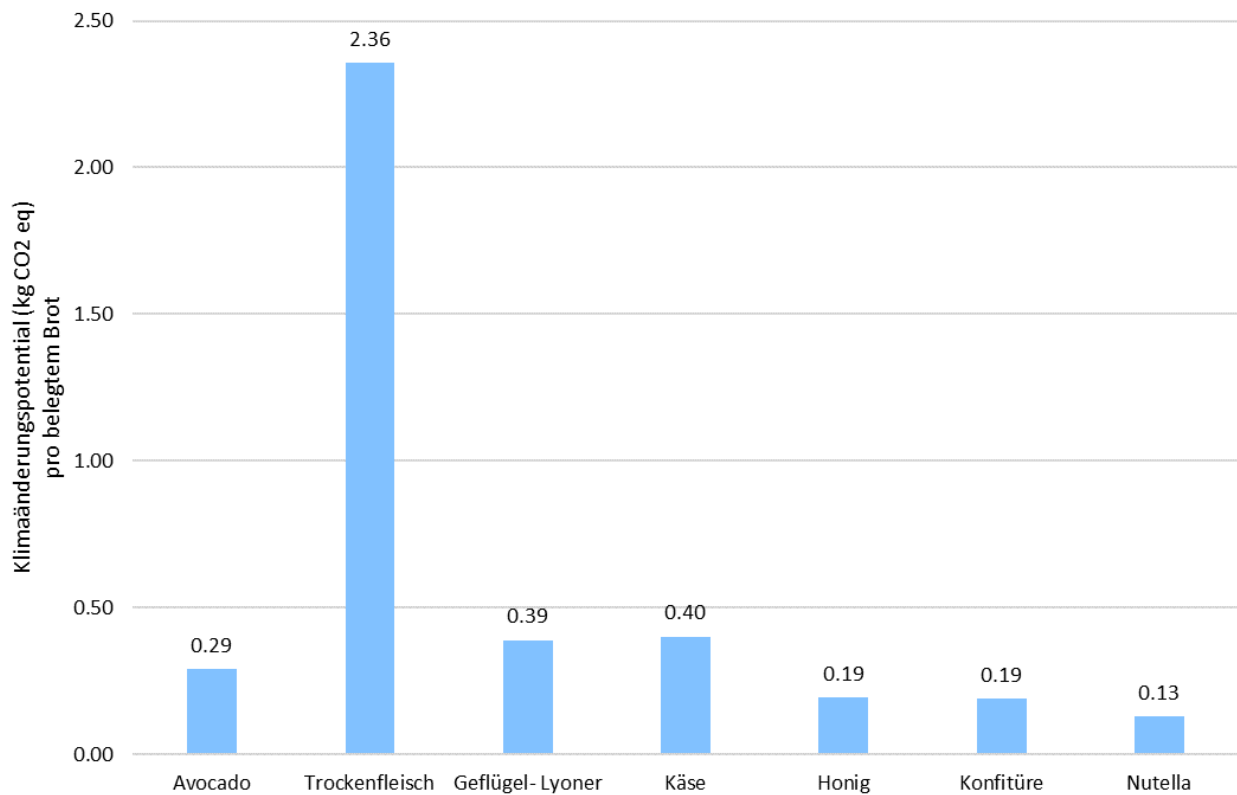


Fig. 5.7 Vergleich der verschiedenen belegten Brote für den Treibhauseffekt (kg CO<sub>2</sub>-eq pro belegtes Brot, IPCC 100a, inklusive zusätzlicher Einflüsse von Flugtransporten (Jungbluth & Meili 2019))

### 5.3.3 Wasserfussabdruck

In Fig. 5.8 ist nur der Wasserfussabdruck der belegten Brote gemäss der AWARE-Methode dargestellt. Das mit Avocado belegte Brot verursacht den grössten Wasserfussabdruck, gefolgt von demjenigen mit Trockenfleisch. Die restlichen Varianten haben nur noch einen Wasserfussabdruck der weniger als einen Vierzigstel der Avocado Variante beträgt.

In der Grafik ist auch die Bewertung gemäss des älteren Teilindikators der Methode der ökologischen Knappheit zu sehen. Danach schneidet Trockenfleisch etwas schlechter ab als das mit Avocado belegte Brot.

Auch beim Vergleich der direkt eingesetzten Menge sind die Werte für das Avocado Brot die höchsten.

Aus Sicht dieses einen Umwelt-Indikators ist die Avocado also tatsächlich eher schlechter als andere Brotbeläge. Dabei ist zu berücksichtigen, dass zum Vergleich hier vor allem Produkte genommen werden die in der Schweiz (mit relativ geringer Wasserknappheit) produziert wurden. Würden die gleichen Beläge für andere Länder mit evtl. höherer Wasserknappheit bilanziert, könnte das Ergebnis auch deutlich anders aussehen. Eine wichtige Rolle spielt auch die relativ hohe Menge an Belag pro Brot. Ein weiterer Unsicherheitsfaktor ist die Vollständigkeit der Bilanz. Evtl. wurden bei den anderen Produkten nicht alle Wasserverbräuche berücksichtigt.

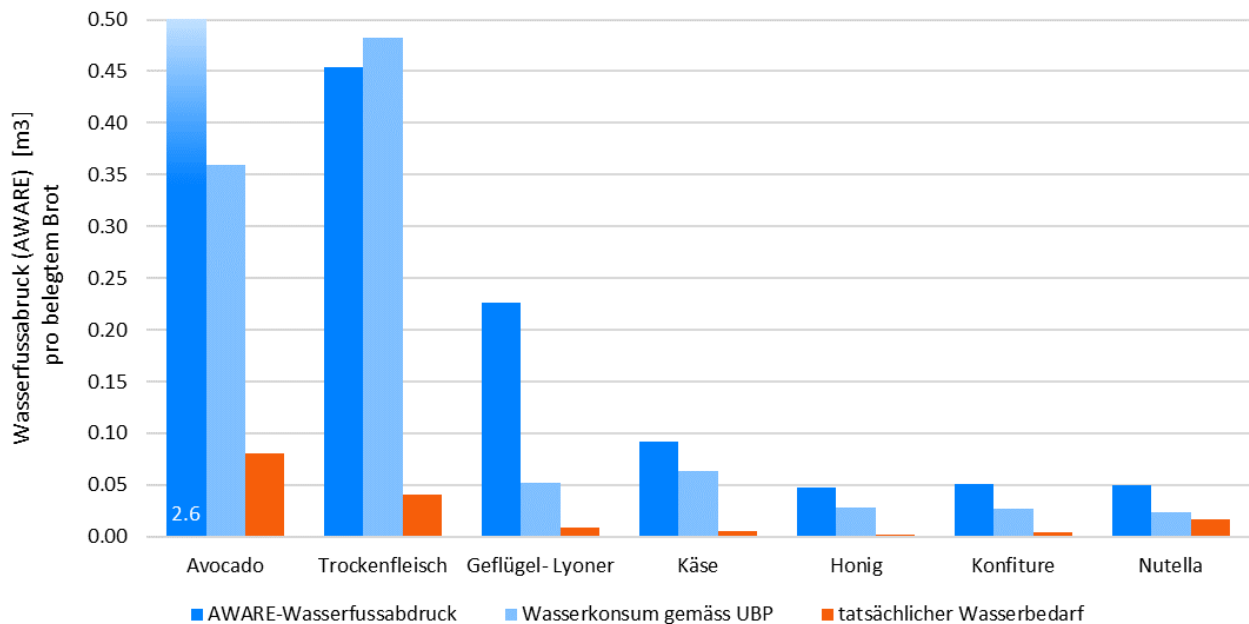


Fig. 5.8 Vergleich der verschiedenen belegten Brote für den Wasserfussabdruck in m³ mit verschiedenen Bewertungsmethoden

### 5.3.4 Beurteilung von Umweltbelastung und Nährstoffgehalt

Für eine gesunde Ernährung ist die Aufnahme einer bestimmten Menge an Nährstoffen, beispielsweise Proteinen wichtig. Aus diesem Grund werden im Folgenden die Umweltwirkungen der belegten Brote nach g enthaltenem Eiweiss, Fett sowie für 100 Kilokalorien verglichen. Der totale Gehalt der Nährstoffe und Kalorien der verschiedenen Brote ist im Anhang unter Tab. 7.4 zu finden.

In Fig. 5.9 sind die Umweltbelastungen der verschiedenen Optionen pro Eiweiss-, Kalorien- und Fettgehalt, abgebildet. Die Unterschiede werden dann eher etwas geringer. Die grösste Umweltbelastung in Bezug auf alle drei Nährstoffe hat weiterhin das mit Trockenfleisch belegte Brot, besonders pro 100 Kilokalorien (kcal). Bei der Umweltbelastung in Bezug zum Eiweissgehalt ist der Unterschied zu den anderen Varianten am kleinsten. Die kleinste Umweltbelastung für 1g Eiweiss oder Fett hat das Käsebrot. Pro 1g Fett ist die Umweltbelastung bei allen belegten Broten, ausser bei dem mit Trockenfleisch, ähnlich gross. Für 100 Kilokalorien hat das mit Honig-, mit Konfitüren- oder mit Nutella bestrichene Brot die kleinste Umweltbelastung.

Der grösste Eiweissgehalt hat das mit Trockenfleisch belegte Brot und den grössten Fett- und Kaloriengehalt das Avocado Brot. Im Gegensatz zu anderen Fetten können die Fette der Avocado gemäss Studien allerdings den Cholesterinspiegel senken, das Risiko von Herzkrankheiten mindern und den BMI minimieren und gehören somit zu den gesunden Fetten (Wang et al. 2015, O'Neil et al. 2017).

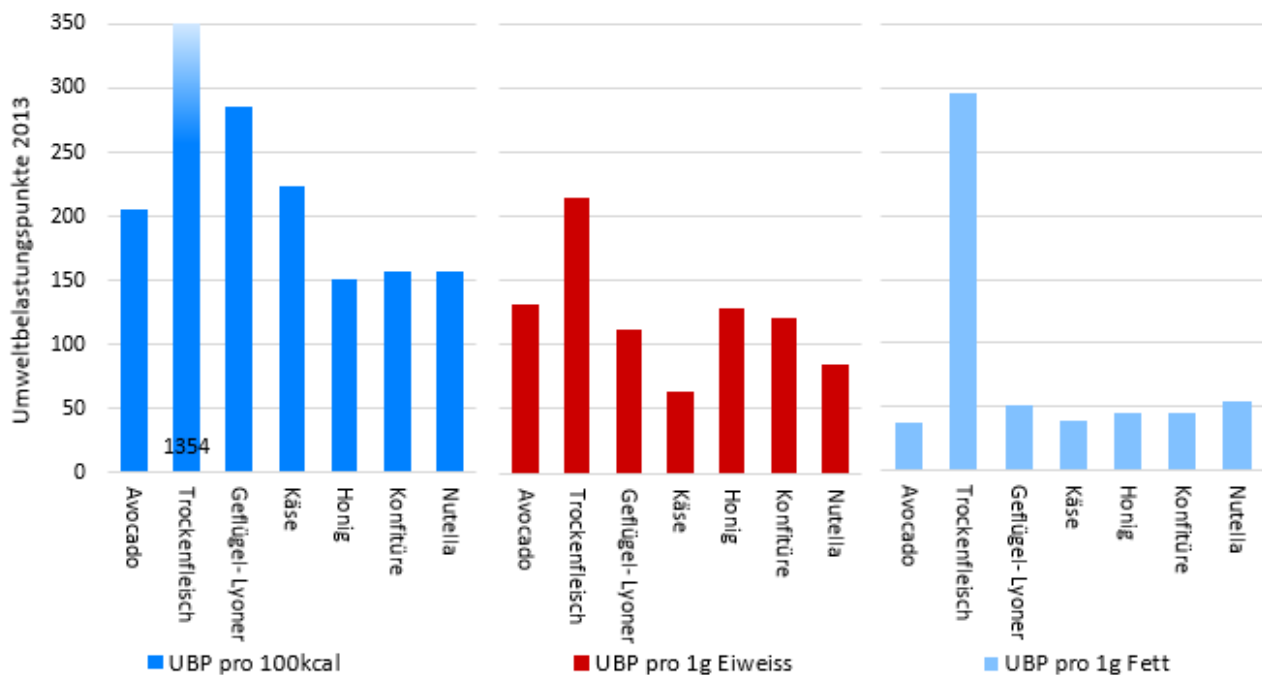


Fig. 5.9 Vergleich der Gesamtumweltbelastungen (Umweltbelastungspunkte 2013) der verschiedenen belegten Brote in Relation zum Nährstoffgehalt

## 5.4 Unsicherheitsanalysen

Für die Studie wurden keine Unsicherheitsanalysen durchgeführt.

## 6 Schlussfolgerungen

In diesem Kapitel werden die, in der Zieldefinition gemäss Tab. 1.1, festgelegten Fragen beantwortet und erste Optimierungsmassnahmen vorgeschlagen.

Für die Gesamtbewertung mit Umweltbelastungspunkten lässt sich zusammenfassend sagen, dass die Avocados aus Peru am umweltfreundlichsten sind, gefolgt von Chile und Spanien. Der Auftraggeber importiert den Grossteil der Avocados aus Peru. Deshalb sind die Belastungen im Schnitt auch unter denen von Chile und Spanien. Für die Daten aus Peru gibt es allerdings noch gewisse Unsicherheiten beim Energiebedarf, der eher zu niedrig erscheint. Dies könnte das Ergebnis auch wieder verändern.

Gemäss der Methode der Umweltbelastungspunkte wird der Wasserkonsum in Spanien am negativsten bewertet, da dort eine mittelstarke Wasserknappheit herrscht. In Bezug auf die Gesamtumweltbelastungen gemäss der Methode der ökologischen Knappheit spielt dieses Umweltproblem aber eine untergeordnete Rolle und ist für die Beurteilung verschiedener Anbaugebiete oder den Vergleich mit anderen Belagsoptionen nicht relevant.

Beim Wasserkonsum bewertet mit der AWARE Methode sieht das Resultat der Avocados, aus den unterschiedlichen Länder etwas anders aus, dort schneiden die Avocado aus Peru am besten ab, gefolgt von Spanien und Chile. Dies bedeutet, dass in Chile am meisten Wasser an Orten bezogen wird, wo wenig Wasser vorhanden ist. Der Vergleich der Ergebnisse für den Wasserfussabdruck mit verschiedenen Methoden zeigt ausserdem, dass es hier recht grosse Schwankungen je nach Methode gibt und in diesem Forschungsgebiet weitere Entwicklungen zu beachten sind.

Es könnte sich hier lohnen, nicht nur länderspezifische, sondern auch regionsspezifische Untersuchungen vorzunehmen. Eine erste Abschätzung für die Betriebe des Auftraggebers mit solchen regionalen Faktoren zeigt allerdings keine wesentlichen Abweichungen von den nationalen Durchschnittsdaten der AWARE Methode.

Die Transportwege und Distribution zum Endkunden sind, trotz der weiten Distanzen, deutlich weniger umweltbelastend als der Anbau. Dies gilt allerdings nur, wenn die Avocados mit Schiff und LKW und nicht mit dem Flugzeug transportiert werden.

In dieser Studie wurde nicht im Detail untersucht wie das Ergebnis beim Flugtransport von Avocados ausfällt. Einige Sorten die aus anderen Ländern als den hier untersuchten Regionen kommen, werden per Luftfracht importiert. Werden Avocados z.B. aus Brasilien oder der Dominikanischen Republik mit dem Flugzeug transportiert, verdreifachen sich die Umweltwirkungen pro kg Avocado. Bezüglich Treibhausgasemissionen ist die Beurteilung des Flugtransports sogar noch relevanter. Deshalb wird von einem Transport von Avocados (oder von anderen Produkten) mit dem Flugzeug aus Umweltperspektive unbedingt abgeraten.

Die Avocados wurden in der Studie als Brotbelag mit anderen belegten Broten verglichen. Dabei ist ein mit Avocado belegtes Brot deutlich besser als ein mit Trockenfleisch belegtes Brot. Das Avocado Brot zeigt auch geringere Umweltbelastungen als andere salzig belegte Brote, welche z.B. mit tierischen Produkten wie Käse oder Geflügel-Lyoner belegt wurden. Auf der anderen Seite ist das mit Avocado belegte Brot umweltbelastender als die süssen Varianten mit Honig, Nutella oder Konfitüre. Deutlich höher sind die Belastungen auch hier für die Fälle wo die Avocados geflogen werden.

Der Wasserfussabdruck des mit Avocado belegten Brotes ist am grössten von allen untersuchten Varianten. Beim Indikator für Wasserverbrauch spielt nicht nur die benötigte Menge, sondern auch der Standort eine Rolle, da die Wassernutzung je nach Land und Ort problematischer oder unproblematischer sein kann. Ein hoher Wasserverbrauch ist vor allem dann ein Problem, wenn Wasser vor Ort eine knappe Ressource ist.

Die Auswertung mit zwei unterschiedlichen Methoden zum Wasserverbrauch zeigt recht unterschiedliche Ergebnisse. Für eine genaue Beurteilung müsste statt dem Landesdurchschnitt die jeweilige regionale Situation beurteilt werden. Auch dabei kann es im Vergleich zum Landesdurchschnitt noch

Schwankungen geben. Auch zeitliche Schwankungen im Jahresverlauf können das Ergebnis solcher Bewertungen beeinflussen. Deshalb sind Auswertungen zum Wasserverbrauch immer mit Vorsicht zu interpretieren. So wird z.B. für die Avocado-Hauptanbaugebiete in Peru angegeben, dass grosse Wassermengen, die aus den Anden zugeführt werden zur Verfügung stehen. Diese Aspekte konnten im Rahmen dieser Studie nicht im Detail untersucht werden.

Beim Fleisch oder allgemein bei tierischen Produkten, wird häufig der positive Aspekt des hohen Eiweissgehalts erwähnt, weshalb auch die Umweltbelastungen pro Gramm Eiweiss angeschaut wurden. Es zeigt sich, dass bei einer proteinreichen Ernährung eher auf Käse oder weniger umweltbelastendes Fleisch zurückgegriffen werden soll anstatt auf Trockenfleisch, da diese pro Gramm Eiweiss eine kleinere Umweltbelastung aufzeigen als beispielsweise ein getrocknetes Bündnerfleisch. Allerdings gäbe es hier auch pflanzliche Alternativen, wie z.B. Linsen, Kichererbsen, Soja und viele weitere Produkte, welche ebenfalls hohe Eiweissgehalte aufweisen, deren Produktion die Umwelt aber deutlich weniger belastet als die Produktion von tierischen Eiweissen (Jungbluth et al. 2016).

Pro Gramm Fett zeigen alle belegten Brote etwa gleich grosse Umweltbelastung ausser dasjenige mit Trockenfleisch, bei welchem die Umweltbelastung pro Gramm Fett deutlich grösser ist, da Trockenfleisch pro Gramm Produkt einen niedrigen Fettgehalt aber hohe Umweltwirkungen zeigt.

Pro 100 Kilokalorien verursacht das mit Trockenfleisch belegte Brot die höchste Umweltbelastung gefolgt vom Avocado-, Lyoner- und Käse Brot. Die süssen Brote zeigen die kleinsten Umweltwirkungen.

Unter Berücksichtigung der Unsicherheiten z.B. auf Grund individueller Vorlieben bei der Menge des Belages sind die Umweltbelastungen eines mit Avocado belegten Brotes also eher kleiner als die eines mit Trockenfleisch belegten Brotes und in der gleichen Grössenordnung wie Brote die mit Käse bzw. Wurst belegt sind. Süsse Varianten mit Honig, Konfitüre oder Nutella haben bei den untersuchten Beispielen geringere Belastungen als die salzigen Varianten.

## 7 Literatur

- Boulay et al. 2018 Boulay A.-M., Bare J., Benini L., Berger M., Lathuillière M. J., Manzardo A., Margni M., Motoshita M., Núñez M., Valerie-Pastor A., Ridoutt B., Oki T., Worbe S. and Pfister S. (2018) The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *In: Int J Life Cycle Assess*, **23**(2), pp. 368–378.
- 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.
- ESU 2020 ESU (2020) The ESU database. ESU-services Ltd., Schaffhausen, retrieved from: [www.esu-services.ch/data/database/](http://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](http://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](http://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](http://www.bafu.admin.ch/uw-1330-d).
- 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/>.
- 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 & Meili 2018a Jungbluth N. and Meili C. (2018a) Pilot-study for the analysis of the environmental impacts of commodities traded in Switzerland. ESU-services Ltd. financed by Swiss Federal Office for the Environment - FOEN, Schaffhausen, Switzerland, retrieved from: <http://esu-services.ch/projects/trade/>.
- 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/](http://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/](http://www.esu-services.ch/data/public-lci-reports/).
- Jungbluth & Meili 2018b Jungbluth N. and Meili C. (2018b) 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/](http://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/](http://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/](http://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](http://www.ecoinvent.org).

- 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/](http://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/](http://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/](http://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/](http://www.esu-services.ch/data/public-lci-reports/).
- Müller-Wenk 1978 Müller-Wenk R. (1978) Die ökologische Buchhaltung: Ein Informations- und Steuerungsinstrument für umweltkonforme Unternehmenspolitik. Campus Verlag Frankfurt.
- Núñez et al. 2016 Núñez M., Bouchard C. R., Bulle C., Boulay A.-M. and Margni M. (2016) Critical analysis of life cycle impact assessment methods addressing consequences of freshwater use on ecosystems and recommendations for future method development. *In: Int J Life Cycle Assess*, **21**(12), pp. 1799-1815, 10.1007/s11367-016-1127-4, retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1007/s11367-016-1127-4>.
- O'Neil et al. 2017 O'Neil C. E., Nicklas T. A. and Fulgoni V. L. (2017) Avocado Consumption by Adults is Associated with Better Nutrient Intake, Diet Quality, and Some Measures of Adiposity: National Health and Nutrition Examination Survey, 2001-2012. *Internal Medicine Review*, Texas.
- SimaPro 9.0 SimaPro (9.0) SimaPro 9.0 (2019) LCA software package. PRé Consultants, Amersfoort, NL, retrieved from: [www.simapro.ch](http://www.simapro.ch).
- Wang et al. 2015 Wang L., Bordi P. L., Fleming J. A., Hill A. M. and Etherton P. M. K.-. (2015) Effect of a Moderate Fat Diet With and Without Avocados on Lipoprotein Particle Number, Size and Subclasses in Overweight and Obese Adults: A Randomized, Controlled Trial. American Heart Association.



# 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 CO<sub>2</sub> bestimmt. Somit können atmosphärische Emissionen in äquivalente Emissionsmengen CO<sub>2</sub> 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 Adaptionfähigkeit 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, CO<sub>2</sub>-Fussabdruck, CO<sub>2</sub>-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 Klimagase<sup>9</sup> 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).

---

<sup>9</sup> Einige weniger Autoren rechnen auch heute noch nur mit den Kohlendioxid Emissionen ohne Berücksichtigung weiterer Klimagase.

Die aktuellen Emissionen pro Person und Jahr liegen in der Schweiz bei knapp 14 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. Tab. 7.1 zeigt weitere typische Referenzwerte für diesen Indikator, dabei wurde mit der Methode IPCC mit den RFI Faktoren gerechnet.

Tab. 7.1 Referenzwerte für Produkte und Dienstleistungen, die 1kg CO<sub>2</sub>-eq verursachen

5672	Liter Wasser ab Leitung in der Schweiz
11.7	Zentimeter Strasse, für ein Jahr genutzt
1.0	Kilogramm fossiles CO <sub>2</sub> , 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. 7.1 zeigt ein vereinfachtes Vorgehensschema dieser Bewertungsmethode. Daraus geht hervor, dass die Schritte Klassifizierung und Charakterisierung nur für einen Teil der Umweltprobleme durchgeführt werden. Ansonsten werden die Umwelteinwirkungen (Emissionen und Ressourcenverbrauch) und Abfallmengen aus der Sachbilanz direkt gewichtet.

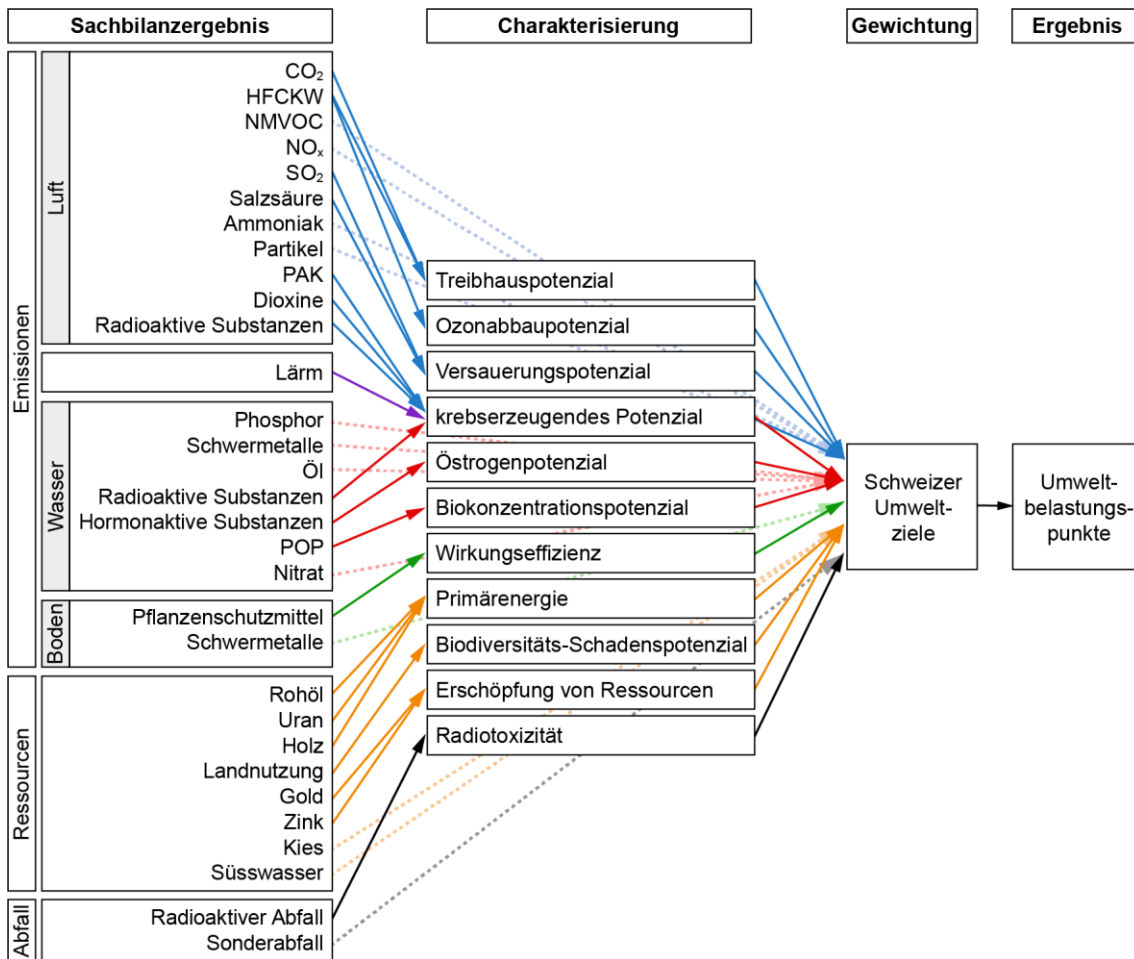


Fig. 7.1 Schematische Darstellung der Methode der ökologischen Knappheit 2013 (Frischknecht et al. 2013)

Die Bewertung erfolgt mittels Ökofaktoren welche wie folgt definiert sind:

$$\text{Ökofaktor} = \underbrace{K}_{\substack{\text{Charakterisierung} \\ \text{(optional)}}} \cdot \underbrace{\frac{1 \cdot \text{UBP}}{F_n}}_{\text{Normierung}} \cdot \underbrace{\left(\frac{F}{F_k}\right)^2}_{\text{Gewichtung}} \cdot \underbrace{c}_{\text{Konstante}} \quad (8.1)$$

- mit: **K** = **Charakterisierungsfaktor** eines Schadstoffs beziehungsweise einer Ressource
- Fluss = Fracht eines Schadstoffs, Verbrauchsmenge einer Ressource oder Menge einer charakterisierten Umwelteinwirkung
- F<sub>n</sub>** = **Normierungsfluss**: Aktueller jährlicher Fluss, bezogen auf die Schweiz
- F** = **Aktueller Fluss**: Aktueller jährlicher Fluss, bezogen auf das Referenzgebiet
- F<sub>k</sub>** = **Kritischer Fluss**: Kritischer jährlicher Fluss, bezogen auf das Referenzgebiet
- c** = **Konstante (10<sup>12</sup>/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 CO<sub>2</sub>-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.

In der Diskussion der Ergebnisse werden einzelne Schadstoffe in verschiedene Schadstoffgruppen zusammengefasst. Dabei werden folgende Kategorien gemäss Tab. 7.2 unterschieden.

Tab. 7.2 Zuordnung von Schadstoffen und Ressourcen zu Umweltwirkungen und -themen in der Methode der ökologischen Knappheit (Frischknecht et al. 2013).

Belastungskategorie	Schadstoffe, Ressourcen
Wasserkonsum	Verbrauchende Nutzung von Oberflächenwasser, Grundwasser, und Aquiferen
Energieressourcen	Nicht erneuerbar: Erdgas, Rohöl, Rohbraunkohle, Rohsteinkohle. Uran Erneuerbar: geerntete Mengen Holz, Solarstrahlung, kinetische Energie (Windenergie), potenzielle Energie (Wasserkraft), geothermische Energie
Mineralien	dissipative (verbrauchende) Nutzung von Aluminium (in Bauxit), Cadmium, Chrom, Eisenerz, Indium, Kupfer, Dolomit, Kalkstein, Kies, Phosphor, etc.
Landnutzung	Landnutzungen verschiedenster Nutzungstypen
Klimawandel	Klimaänderungspotenzial durch die Emission von CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, FKW, PFK, SF <sub>6</sub> , etc.
Ozonschichtabbau	FCKW, H-FCKW, Halone, Ether und Etherverbindungen
Luftschadstoffe und Staub	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NMVOC, NH <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>
Krebserregende Luftschadstoffe	Benzol, Dieselruß, Dioxine, PAK
Schwermetalle in Luft	Blei, Cadmium, Quecksilber, Zink
Wasserschadstoffe	Stickstoff, Nitrat, Phosphor, CSB, AOX, Chloroform, PAK, hormonaktive Stoffe
Persistente organische Schadstoffe (POP)	persistente organische Schadstoffe
Schwermetalle ins Wasser	Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink
Pflanzenschutzmittel	Pflanzenschutzmittel
Schwermetalle in Boden	Blei, Cadmium, Kupfer, Zink
Radioaktive Substanzen in Luft	Kohlenstoff-14, Cäsium 137, Iod-129, etc.
Radioaktive Substanzen in Meere	Kohlenstoff-14, Cäsium 137, Iod-129, etc.
Lärm	Lärmemissionen von Lkw, Pkw, Bahn und Flugzeugen
Deponierte nicht-radioaktive Abfälle	In Untertagedeponien gelagerte Sonderabfälle, Deponierung C-haltiger Abfälle
Deponierte radioaktive Abfälle	In Endlager deponierte radioaktive Abfälle

Tausend Umweltbelastungspunkte (1000 UBP) entsprechen den in Tab. 7.3 gezeigten Referenzwerten

Tab. 7.3 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 <sub>2</sub> , 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

### A.3 AWARE – Wasserfussabdruck

Die AWARE Methode (Available Water REMaining) ist das Resultat eines zweijährigen Prozesses der Gruppe "Water Use in Life Cycle Assessment" (WULCA), einer Arbeitsgruppe der UNEP-SETAC Life Cycle Initiative (Boulay et al. 2018). Diese Gruppe entwickelte eine Midpoint-Methode für die Wasserknappheit für die Verwendung in Ökobilanzen und für die Auswertung des Wasserfussabdrucks. Die AWARE-Methode wird von vielen Wissenschaftlern in diesem Forschungsgebiet als Konsensmethode empfohlen und wird schließlich Teil der ILCD-Empfehlung werden.

Das Charakterisierungsmodell für den Wasserknappheitsfußabdruck wird zur Bewertung der Auswirkungen des Wasserverbrauchs angewendet. Die Methode basiert auf der Quantifizierung des relativ verfügbaren Wassers, das pro Fläche übrigbleibt, wenn der Bedarf von Menschen und aquatischen Ökosystemen gedeckt ist. Sie beantwortet die Frage: "Wie groß ist das Potenzial, einem anderen Nutzer (Mensch oder Ökosystem) Wasser zu entziehen, wenn er in diesem Gebiet Wasser verbraucht? Sie geht dabei von der Annahme aus, dass die Wahrscheinlichkeit, dass ein anderer Nutzer benachteiligt wird, umso größer ist, je weniger Wasser pro Fläche zur Verfügung steht (Núñez et al. 2016).

Wichtig ist, dass die betrachteten Nutzer sowohl Menschen als auch Ökosysteme sind (siehe Fig. 7.2).

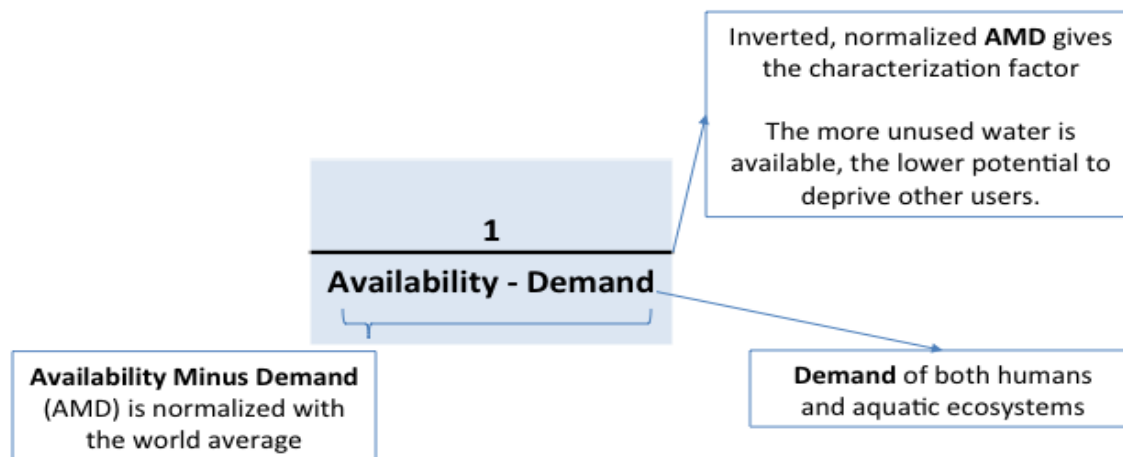


Fig. 7.2 Beschreibendes Modell des AWARE-Indikators<sup>10</sup>

Die Charakterisierungsfaktoren werden zunächst als die Wasserverfügbarkeit abzüglich des Bedarfs (AMD (Availability Minus Demand)) von Menschen und aquatischen Ökosystemen berechnet und sind relativ zur Fläche ( $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{Monat}$ ). In einem zweiten Schritt wird der Wert mit dem Weltdurchschnittsergebnis normalisiert ( $\text{AMD} = 0,0136 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{Monat}$ ) und umgekehrt. Der Charakterisierungsfaktor stellt dann den relativen Wert im Vergleich zum durchschnittlichen  $\text{m}^3$ -Verbrauch in der Welt dar (der Weltdurchschnitt wird als verbrauchsgewichteter Durchschnitt berechnet).

Einmal invertiert, kann  $1/\text{AMD}$  als ein Oberflächenzeitäquivalent zur Erzeugung von ungenutztem Wasser in dieser Region interpretiert werden. Der resultierende Charakterisierungsfaktor (CF) liegt zwischen 0,1 und 100 und kann zur Berechnung von Wasserknappeitsfußabdrücken gemäß der ISO-Norm (Boulay et al. 2018) verwendet werden. Dabei entspricht ein Wert von 1 dem Weltdurchschnitt und ein Wert von 10 beispielsweise einer Region, in der pro Fläche 10 Mal weniger Wasser als im Weltdurchschnitt zur Verfügung steht. Die Karte unten zeigt die Faktoren auf Jahresebene pro Wassereinzugsgebiet (normaler Durchschnitt über 12 Monate).

Der Indikator wurde auf für die Unterebenen der Hauptwassereinzugsgebiete und in monatlichen Zeitschritten berechnet und dann in Simapro nach Land und Jahr aggregiert. Diese Aggregation kann auf verschiedene Weise erfolgen, damit eine landwirtschaftliche Nutzung oder eine häusliche/industrielle Nutzung, basierend auf dem Zeitpunkt und der Region der Wassernutzung, besser dargestellt werden kann. Die Methode enthält Charakterisierungsfaktoren für die landwirtschaftliche und nichtlandwirtschaftliche Nutzung sowie Standardfaktoren ("unbekannt"), wenn die Aktivität nicht bekannt ist. Die Interpretation der Ergebnisse kann im Verhältnis zum Weltdurchschnitt der Wassernutzung gesehen werden.

<sup>10</sup> <https://simapro.com/2017/whats-new-simapro-8-3/>, 05.03.2018

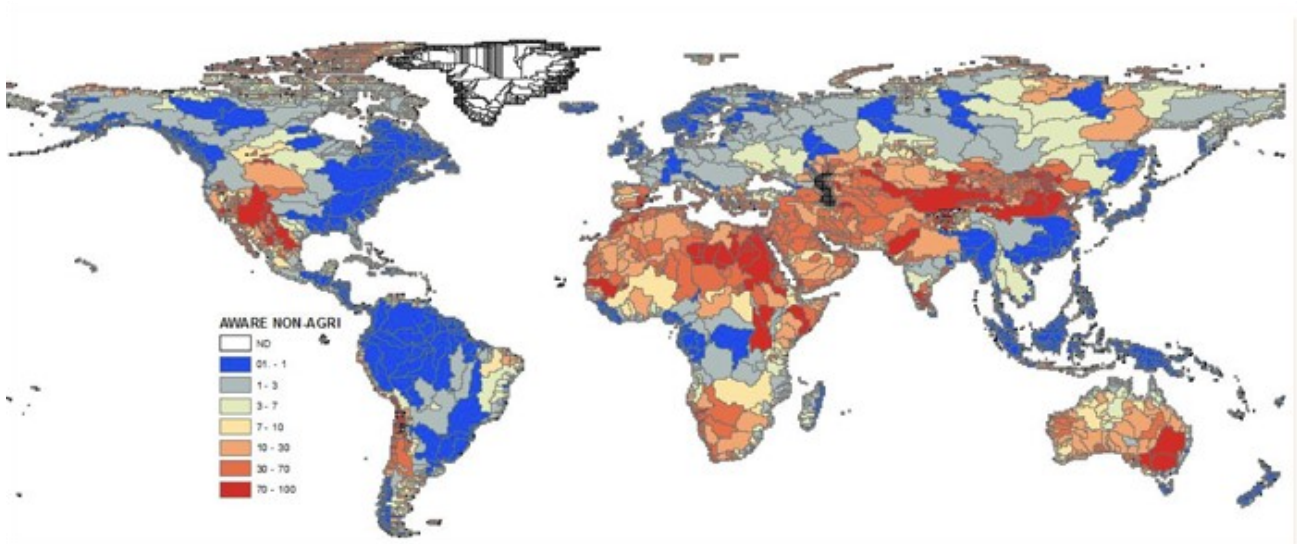


Fig. 7.3 Karte der AWARE Faktoren für nicht-landwirtschaftliche Aktivitäten (normaler Durchschnittswert über 12 Monate) Interpretation – räumlich-zeitliche Skala

Es ist zu beachten, dass ein aggregierter Wert, der auf Länder-/Jahresebene auf dem Verbrauch basiert,

- nicht das "Durchschnittsbild" des Landes/Jahres darstellt. Er kann große Regionen, in denen kein/sehr geringer Wasserverbrauch auftritt (d.h. Wüsten, der größte Teil Kanadas usw.), vollständig ausschließen.
- stark von der landwirtschaftlichen Wassernutzung beeinflusst wird (sowohl bei "unbekannten" als auch bei "landwirtschaftlichen" Werten).
- angibt, wo/wann der Wasserverbrauch am höchsten ist: oft in trockeneren Monaten/Regionen.

Für die Verwendung mit der ESU-Datenbank (ESU 2020; Jungbluth et al. 2020a) sind bei der Auswertung einige Besonderheiten zu beachten. Die AWARE-Faktoren in SimaPro (für die ecoinvent v3 Datenbank) bewerten auch die Wassermenge für Wasserturbinen und Kühlung. Allerdings fehlen in der Datenbank die zugehörigen Rückflüsse ins Einzugsgebiet. Deshalb werden diese Beiträge ausser Acht gelassen. Dies entspricht dem Vorgehen in Studien des BAFU (Jungbluth & Meili 2018a).

## 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 2018b; Meili & Jungbluth 2018; Meili et al. 2018; Meili & Jungbluth 2019a, b).

Weitere Informationen zu den verfügbaren Datenbanken sind in einer Internetdokument verfügbar.<sup>11</sup>

### B.2 Belegte Brote

Es werden die Umweltwirkungen verschiedener belegter Brote miteinander verglichen. Die genaue Zusammensetzung des jeweiligen Belags ist in Tab. 7.4 gezeigt. Der Nährstoffgehalt (Kalorien, Eiweiss und Fett) der verschiedenen Brote ist ebenfalls in Tab. 7.4 ersichtlich.

Zudem werden für die belegten Brote noch die Umweltwirkungen der Lagerung im Kühlschrank, des Transports nach Hause, das Waschen der Avocado und die Entsorgung des Food Waste berücksichtigt werden.

---

<sup>11</sup> Eine detaillierte Beschreibung der verfügbaren Datenbanken steht auf <http://esu-services.ch/de/address/angebote/> zur Verfügung.



Tab. 7.4 Zusammensetzung der verschiedenen belegten Brote, sowie deren Verpackung, Lagerung, Transport und Entsorgung. Nährstoffgehalt pro belegtem Brot in Kilokalorien, g Eiweiss und g Fett.

	Einheit	sandwich, cheese, at household	sandwich, dried meat, at household	sandwich, poultry ring bologna, at household	sandwich, honey, at household	sandwich, jam, at household	sandwich, Nutella, at household	sandwich, avocado, at household	sandwich, avocado, travelled by air, at household
	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	
	1 Scheibe Br	1 Scheibe Br	1 Scheibe Br	1 Scheibe Br	1 Scheibe Br	1 Scheibe Br	1 Scheibe Br	1 Scheibe Br	
bread, at supermarket	g	50	50	50	50	50	50	50	50
pane ticinese, at supermarket	g								
graham bread, at supermarket	g								
zopf, at supermarket	g								
butter, in 250g butter cubes, at supermarket	g	10	10	10	10	10			
avocado, production mix, at supermarket	g						65.6		
avocado, travelled by air CL, PE, at supermarket	g							65.6	
cheese, at supermarket	g	30							
dried meat, at supermarket	g		30						
poultry ring bologna, at supermarket	g			40					
honey, at supermarket	g				20				
jam, strawberry, at supermarket	g					20			
Nutella, at supermarket	g						20		
cottage cheese, at supermarket	g								
onions, at supermarket	g							32.5	32.5
pepper, at supermarket	TL							0.25	0.25
sodium chloride, powder, at supermarket	TL							0.10	0.10
tap water, unspecified natural origin CH, at user	l							0.5	0.5
treatment, sewage, from residence, to wastewater	l							0.5	0.5
Kalorien	kcal	319	278	310	261	252	233	298	298
Eiweiss	g	11	17	8	3	3	4	5	5
Fett	g	18	13	17	9	9	7	16	16