



# Impressum

<b>Zitiervorschlag</b>	Niels Jungbluth;Maresa Bussa ( 2021) Umweltbelastungen von Erdbeeren und anderen Früchten im Frühjahr: Fact Sheet. ESU-services GmbH im Auftrag von MIGROS, Schaffhausen, Schweiz, <a href="http://www.esu-services.ch/de/publications/">www.esu-services.ch/de/publications/</a> ESU-services GmbH Vorstadt 14, CH-8200 Schaffhausen Tel. 0041 44 940 61 32 <a href="mailto:jungbluth@esu-services.ch">jungbluth@esu-services.ch</a> <a href="http://www.esu-services.ch">www.esu-services.ch</a>
<b>Auftragnehmer</b>	
<b>Auftraggeber</b>	MIGROS Frau Jasmin Buchs Nachhaltigkeit Migros-Gruppe Limmatstrasse 152 8031 Zürich <a href="mailto:jasmin.buchs@mgb.ch">jasmin.buchs@mgb.ch</a>
<b>Stichwörter</b>	Erdbeeren; Frühjahr; Transport; Ökobilanz
<b>Kurztext</b>	In der Studie werden die Umweltbelastungen von Erdbeeren im Frühjahr untersucht.
<b>Über uns</b>	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.
<b>Urheberrecht</b>	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 <a href="http://www.esu-services.ch">www.esu-services.ch</a> 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.
<b>Haftungsausschluss</b>	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.
<b>Inhaltliche Verantwortung</b>	Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die AutorInnen dieses Berichts verantwortlich.
<b>Version</b>	22.01.21 16:28 <a href="https://esuserVICES-my.sharepoint.com/personal/jungbluth_esuserVICES_onmicrosoft_com/Documents/ESU-intern/386 LCA landw. Produkte MIGROS/jungbluth-2021-Erdbeeren-v2.0.docx">https://esuserVICES-my.sharepoint.com/personal/jungbluth_esuserVICES_onmicrosoft_com/Documents/ESU-intern/386 LCA landw. Produkte MIGROS/jungbluth-2021-Erdbeeren-v2.0.docx</a>

# Inhalt

<b>INHALT</b>	<b>II</b>
<b>1 AUSGANGSLAGE UND FRAGESTELLUNG</b>	<b>1</b>
<b>2 SAISONTABELLE</b>	<b>1</b>
<b>3 AUSWERTUNGEN</b>	<b>2</b>
3.1 Vergleich für in der Schweiz angebotene Früchte	2
3.2 Ökobilanz des Erdbeeranbaus	4
3.3 Wasserfussabdruck des Erdbeeranbaus	5
<b>4 DISKUSSION</b>	<b>5</b>
<b>5 LITERATUR</b>	<b>6</b>
<b>6 ANHANG</b>	<b>7</b>
6.1 Bewertung der Sachbilanzergebnisse	8
6.1.1 Klimaänderungspotenzial	8
6.1.2 Methode der ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte) (2013)	9

# 1 Ausgangslage und Fragestellung

Ziel dieser Studie ist die Analyse der von aus Spanien importierten Erdbeeren verursachten Umweltbelastungen. Eine Kurzbeschreibung des Projektes wird in Tab. 1.1 gezeigt.

Tab. 1.1 Übersicht zum Projekt

Titel	Umweltbelastungen von Erdbeeren und anderen Früchten im Frühjahr: Fact Sheet
Auftraggeber	MIGROS
Untersuchte Produkte	Erdbeeren im Frühjahr. Vergleich mit Äpfeln und Bananen
Einheit der Bilanzierung	1 kg Produkt bis Zentrallager in der Schweiz. Eine funktionelle Einheit wird nicht untersucht.
Fragestellung	Folgende Fragen sollen mit der Studie beantwortet werden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie hoch sind die Umweltbelastungen von Erdbeeren, die in der Schweiz angeboten werden?</li> <li>• Wie stehen Erdbeeren aus Spanien im Vergleich zu Äpfeln und Bananen, die im Februar angeboten werden?</li> </ul>
Bilanzraum	Folgende Schritte des Lebenszyklus werden berücksichtigt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Landwirtschaftlicher Anbau</li> <li>• Kühlung</li> <li>• Transport bis ins Zentrallager</li> </ul>
Software	SimaPro 9
Datenbanken	ESU-services 2021; Jungbluth et al. 2021 Erdbeeren Spanien. Eigene Modellierung basierend auf Daten in WFLDB (Nemecek et al. 2015; Stoessel et al. 2012)
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	Auf Grundlage des Fact Sheets wird der Auftraggeber einen Artikel ausarbeiten, der von ESU-services vor Veröffentlichung geprüft wird. Eine Weitergabe des Fact-Sheet an Dritte ist nach Absprache möglich.
Dokumentation	Schlussbericht (Deutsch)
Kritische Prüfung	Interne Validierung durch Maresa Bussa

## 2 Saisontabelle

Zur Darstellung der saisonalen Abhängigkeit der Umweltbelastungen von Früchten und Gemüse in Abhängigkeit von Monat und Herkunftsland (Transport) hat ESU-services einen Saisonkalender entwickelt. Für jeden Monat wird dort die Verfügbarkeit eingetragen (Freiland oder Gewächshaus, evtl. plus Lagerzeit). Teilweise auch mit Variante Tiefkühlprodukt. Für jede mögliche Herkunft (oder Varianten wie Tiefkühlung bzw. Bio) gibt es eine Zeile in der Eingabetabelle. Damit werden dann die Umweltbelastungspunkte oder CO<sub>2</sub>-eq-Werte pro Monat ausgerechnet. Zu einigen Dutzenden von Produkten wurden bereits insgesamt mehr als 100 Szenarien gerechnet (siehe Excel).

Die Unterschiede (wie im Beispiel Spargel) sind in der Regel nur durch den Transport, Gewächshaus, Lagerung und Tiefkühlung gegeben.

ESU-services fair consulting in sustainability				Schalter: Indicator kg CO <sub>2</sub> -eq per kg Ware												Land CH	
Produkt	TK	Prod	Herkunft	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez		
Spargeln grün	IP	CH-LKW	Schweiz	n.a.	n.a.	n.a.	3.2	3.2	3.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
Spargeln grün	IP	ES-LKW	Spanien	n.a.	n.a.	n.a.	4.1	4.1	4.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
Spargeln grün	IP	MX-Flug	Mexiko	n.a.	18.3	18.3	18.3	n.a.									
Spargeln grün	IP	PE-Flug	Peru	19.9	19.9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9		
Spargeln grün	IP	US-Flug	Vereinigte Staaten	n.a.	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
Spargeln weiss	IP	Regional	Deutschland	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3.1	3.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
Spargeln weiss	IP	CH-LKW	Schweiz	n.a.	n.a.	5.1	3.3	3.3	3.3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
Spargeln weiss	IP	DE-LKW	Deutschland	n.a.	n.a.	5.4	3.5	3.5	3.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
Spargeln weiss, beheizt	IP	DE-LKW	Deutschland	n.a.	n.a.	5.4	5.4	5.4	n.a.								
Spargeln weiss	Bio	DE-LKW	Deutschland	n.a.	n.a.	n.a.	3.5	3.5	3.5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
Spargeln weiss	IP	ES-LKW	Spanien	n.a.	n.a.	4.3	4.1	n.a.									
Spargeln weiss	IP	FR-LKW	Frankreich	n.a.	n.a.	5.4	3.5	n.a.									
Spargeln weiss	IP	MA-LKW	Marokko	n.a.	n.a.	4.5	4.5	n.a.									
Spargeln weiss	IP	NL-LKW	Niederlande	n.a.	n.a.	n.a.	3.6	3.6	3.6	3.6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
Spargeln weiss	IP	PE-Schiff	Peru	n.a.	3.9	3.9	n.a.	n.a.	n.a.	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	n.a.		
Spargeln weiss	IP	PE-Flug	Peru	19.9	19.9	19.9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	19.9	19.9	19.9	19.9		
Spargeln weiss	IP	HU-LKW	Ungarn	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3.7	3.7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		

**Legende:** Die Farbskala zeigt die höchsten Werte innerhalb eines Produkts (zB Tomaten) rot, die tiefsten grün und der Mittelwert 0.5 w eis.

30% 0.79 **Niedrige Werte** (x% aller Werte liegen unterhalb) sind zusätzlich grün eingerahmt und unterstrichen.

70% 1.42 **Hohe Werte** (x% aller Werte liegen oberhalb) sind zusätzlich rot eingerahmt.

Fig. 2.1 Auszug aus dem Saisonkalender für Früchte und Gemüse

Verlässliche Daten zu den Unterschieden beim Anbau liegen nur in wenige Fällen vor. D.h. der Anbau wird immer gleich angenommen (in der Regel Schweiz es sei denn, die Produkte werden hier nicht produziert). Auch für eine genaue Betrachtung der möglichen Unterschiede zwischen biologischem und konventionellem Anbau reicht die vereinfachte Bilanzierung in der Tabelle nicht aus.

Bei den Treibhausgasemissionen sind die Unterschiede zwischen verschiedenen Anbauregionen in der Regel nicht so gross. Bei der Bewertung der Gesamtumweltbelastungen (UBP) mit der Methode der ökologischen Knappheit (MoeK) spielen subjektive Elemente der Bewertungsmethode eine grosse Rolle für das Resultat. Ausserdem ist hier auch der Einfluss von regionalen Einflussfaktoren sehr gross. Hier müssen evtl. Unterschiede entsprechend zurückhaltend interpretiert werden.

IP steht für integrierten Anbau bzw. heute in der Schweiz ÖLN d.h. ökologischer Leistungsnachweis. Das ist etwas kontrolliert, aber man kann Dünger und Pestizide in angemessener Masse einsetzen. Konventionell verwendenden wir als Begriff nicht, da dies eher auf Zeiten zurückgeht als Bauern so viel wie möglich gedüngt und gespritzt haben und in der Schweiz kaum praktiziert wird (da es dann keine Subventionen mehr gibt, wenn es keine Kontrollen gibt).

GH steht für beheiztes Gewächshaus. Je nach Monat wurde für die Produkte aus einem Land entschieden, ob sie aus dem beheizten Gewächshaus oder aus dem Freiland/unbeheiztem Tunnel kommen. Das GH ist also nicht ein zusätzliches Szenario, sondern eine Möglichkeit im Jahresverlauf eines Landes und wird bereits teilweise berücksichtigt. Mit der Prozentzahl GH10% berücksichtigen wir grob, dass in südlichen Ländern weniger geheizt werden muss.

„Regional“ bedeutet kurze Transportdistanz (50 km) vom Hof zum Markt.

Bisher bezieht sich die ganze Tabelle auf die Lieferung bis in die Schweiz (Zürich).

### 3 Auswertungen

#### 3.1 Vergleich für in der Schweiz angebotene Früchte

Tab. 3.1 zeigt die Klimabilanz der untersuchten Früchte bei Anlieferung bis zum Schweizer Zentrallager. Folgende Schlussfolgerungen sind daraus möglich:

- In der Schweiz im Frühjahr angebotene Äpfel und Bananen verursachen generell geringere Klimabelastungen als Erdbeeren. Diese Früchte sind einfacher anzubauen und haben einen

kleineren Preis pro kg. Vermutlich sind also die Inputs wie z.B. Dünger und Diesel geringer und/oder der Ertrag höher.

- Im Februar/März verursachen per Lkw importierte Erdbeeren aus unbeheiztem Anbau (z.B. aus Spanien) einen deutlich geringere Klimabelastung als Erdbeeren aus dem beheizten Gewächshaus (CH) bzw. per Flugzeug importierte Produkte (z.B. aus Ägypten bzw. Israel).
- Schweizer Erdbeeren aus dem Freiland (oder Erdbeeren aus dem nahen Ausland), die ab etwa Juni auf dem Markt sind verursachen nochmals deutlich geringere Belastungen als die importierten Erdbeeren. Es lohnt sich also zu warten, bis diese angeboten werden

Tab. 3.1 Klimabilanz für die untersuchten Szenarien zum Angebot von Früchten in der Schweiz (Bauernhof bis Zentrallager)

ESU-services fair consulting in sustainability				Schalter: Indicator kg CO2-eq per kg Ware												Land CH	
Produkt	TK	Produ	Herkunft	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez		
Äpfel Gala		ÖLN	Regional	Schweiz	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
Äpfel Gala		ÖLN	CH-LKW	Schweiz	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	
Äpfel Gala		Bio	CH-LKW	Schweiz	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	
Äpfel Gala		ÖLN	CL-Schiff	Chile	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1.0	1.0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Äpfel Gala		ÖLN	NZ-Schiff	Neuseeland	n.a.	n.a.	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Äpfel Gala		ÖLN	ZA-Schiff	Südafrika	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.8	0.8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Bananen		Konv.	CO-Schiff	Kolumbien	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
Bananen		Bio	CO-Schiff	Kolumbien	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
Erdbeeren		ÖLN	Regional	Deutschland	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.6	0.6	0.6	0.6	n.a.	n.a.	
Erdbeeren		ÖLN	BE-LKW	Belgien	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.9	0.9	0.9	4.4	4.4	
Erdbeeren		ÖLN	CH-LKW	Schweiz	n.a.	n.a.	n.a.	4.2	4.2	4.2	0.7	0.7	0.7	n.a.	n.a.	n.a.	
Erdbeeren		ÖLN	DE-LKW	Deutschland	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.9	0.9	0.9	n.a.	n.a.	n.a.	
Erdbeeren		ÖLN	EG-Flug	Ägypten	4.7	4.7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4.7	4.7	
Erdbeeren		ÖLN	ES-LKW	Spanien	1.4	1.4	1.4	1.4	n.a.								
Erdbeeren		ÖLN	IL-Flug	Israel	4.8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4.8	
Erdbeeren		ÖLN	IT-LKW	Italien	n.a.	n.a.	1.1	1.1	n.a.								
Erdbeeren		ÖLN	MA-LKW	Marokko	1.8	1.8	1.8	n.a.	1.8								
Erdbeeren		ÖLN	NL-LKW	Niederlande	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1.0	1.0	1.0	1.0	4.5	4.5	
Erdbeeren		ÖLN	PE-Flug	Peru	n.a.	17.3	17.3	n.a.									
Erdbeeren		Bio	CH-LKW	Schweiz	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0.8	0.8	0.8	0.8	n.a.	n.a.	n.a.	

Die Gesamtumweltbelastungen der verschiedenen Szenarien für das Angebot von Früchten in der Schweiz werden in Tab. 3.2 gezeigt. Folgende Schlussfolgerungen sind daraus möglich:

- Die angebotenen Äpfel verursachen generell geringere Umweltbelastungen als Erdbeeren.
- Bananen liegen in Frühjahr bezüglich Gesamtbelastungen etwas tiefer bzw. gleichhoch wie die Erdbeeren aus Spanien.
- Erdbeeren aus Spanien (Februar/März) verursachen etwa gleich hohe Umweltbelastungen wie Schweizer Saisonerdbeeren in den Sommermonaten.
- Die Unsicherheiten bei dieser Bewertung sind allerdings hoch. Stark zu Buche schlägt der Einsatz von Kupfer bei Schweizer Erdbeeren. Die Bewertung hierzu ist umstritten und wird sich mit der MoeK 20 ändern.
- Auch bei den Gesamtumweltbelastungen sind Erdbeeren aus dem beheizten Gewächshaus oder per Flugzeug importiert besonders umweltbelastend.

Tab. 3.2 Ökobilanz für die untersuchten Szenarien

ESU-services fair consulting in sustainability				Schalter: Indicator UBP 2013 per kg Ware												Land CH	
Produkt	TK	Produ	Herkunft	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez		
Äpfel Gala	ÖLN	Regional	Schweiz	776.7	784.5	792.2	800.0	807.7	815.5	823.2	745.8	745.8	753.5	761.3	769.0		
Äpfel Gala	ÖLN	CH-LKW	Schweiz	905.8	913.5	921.3	929.0	936.7	944.5	952.2	960.0	874.8	882.5	890.3	898.0		
Äpfel Gala	Bio	CH-LKW	Schweiz	624.8	632.6	640.3	648.1	655.8	663.6	671.3	679.1	593.9	601.6	609.4	617.1		
Äpfel Gala	ÖLN	CL-Schiff	Chile	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1'860.6	1'860.6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
Äpfel Gala	ÖLN	NZ-Schiff	Neuseeland	n.a.	n.a.	2'003.3	2'011.1	2'018.8	2'026.6	2'034.3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
Äpfel Gala	ÖLN	ZA-Schiff	Südafrika	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1'654.6	1'654.6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
Bananen	Konv.	CO-Schiff	Kolumbien	2'903.5	2'903.5	2'903.5	2'903.5	2'903.5	2'903.5	2'903.5	2'903.5	2'903.5	2'903.5	2'903.5	2'903.5		
Bananen	Bio	CO-Schiff	Kolumbien	1'575.8	1'575.8	1'575.8	1'575.8	1'575.8	1'575.8	1'575.8	1'575.8	1'575.8	1'575.8	1'575.8	1'575.8		
Erdbeeren	ÖLN	Regional	Deutschland	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2'766.3	2'766.3	2'766.3	2'766.3	n.a.	n.a.	n.a.		
Erdbeeren	ÖLN	BE-LKW	Belgien	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3'153.4	3'153.4	3'153.4	4'413.0	4'413.0		
Erdbeeren	ÖLN	CH-LKW	Schweiz	n.a.	n.a.	4'154.9	4'154.9	4'154.9	2'895.4	2'895.4	2'895.4	2'895.4	n.a.	n.a.	n.a.		
Erdbeeren	ÖLN	DE-LKW	Deutschland	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3'153.4	3'153.4	3'153.4	n.a.	n.a.		
Erdbeeren	ÖLN	EG-Flug	Ägypten	4'711.2	4'711.2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4'711.2	4'711.2	
Erdbeeren	ÖLN	ES-LKW	Spanien	2'232.2	2'232.2	2'232.2	2'232.2	n.a.									
Erdbeeren	ÖLN	IL-Flug	Israel	3'155.4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3'155.4	
Erdbeeren	ÖLN	IT-LKW	Italien	n.a.	n.a.	3'308.3	3'308.3	n.a.									
Erdbeeren	ÖLN	MA-LKW	Marokko	2'648.7	2'648.7	2'648.7	n.a.	2'648.7									
Erdbeeren	ÖLN	NL-LKW	Niederlande	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3'256.7	3'256.7	3'256.7	3'256.7	4'516.2	4'516.2	
Erdbeeren	ÖLN	PE-Flug	Peru	n.a.	10'523.1	10'523.1	n.a.										
Erdbeeren	Bio	CH-LKW	Schweiz	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4'969.4	4'969.4	4'969.4	4'969.4	n.a.	n.a.	n.a.		

### 3.2 Ökobilanz des Erdbeeranbaus

Für den Anbau von Erdbeeren in weiteren Ländern liegen Sachbilanzdaten aus verschiedenen Datenbanken vor. Allerdings gibt es für Daten, die auf ecoinvent v3 basieren vermutlich einen Fehler in den Hintergrunddaten. Es wird dort angenommen, das Plastik aus dem Tunnel für den Anbau in offenen Feuern entsorgt wird. Dies führt zu extrem hohen Umweltbelastungen. Diese Ergebnisse werden hier daher nicht gezeigt.

Weitere Daten lagen vor allem für Frankreich aus der Agribalyse Datenbank vor.

Fig. 3.1. wertet die Gesamtumweltbelastungen der vorhandenen Datensätze für den Anbau aus. Nicht berücksichtigt sind dabei weitere Belastungen durch Transport, Lagerung, Verpackung und Distribution. Folgende Schlussfolgerungen zum Anbau sind daraus möglich:

- Die ersten beiden Säulen zeigen die Belastungen für Schweizer Freilanderdbeeren (konventionell bzw. Bio) gemäss ESU Datenbank. Kupfer spielt dabei eine grosse Rolle. Die Bewertungsmethode hierfür ist umstritten.
- Die Dritte Säule steht für Gewächshausanbau in der Schweiz gemäss ESU Datenbank. Die Beheizung führt insbesondere zu Klimabelastungen und deshalb hohen Umweltbelastungen.
- Die beiden folgenden Säulen stehen für den Anbau in Spanien wie er von ESU bzw. in der WFLDB (verknüpft mit UVEK Datenbank) modelliert wird. Der Ertrag in Spanien ist deutlich höher und der Einsatz von Dünger eher geringer als im Schweizer Anbau. Relevant sind für die Gesamtbelastung auch die Plastiktunnel. Insgesamt schneidet der Anbau in Spanien besser ab als der Anbau in der Schweiz. Dabei sind aber die höheren Belastungen durch den weiteren Transport nicht berücksichtigt.
- Die letzten beiden Säulen beziehen sich auf den Anbau in Frankreich (Freiland und nationaler Durchschnitt) gemäss Agribalyse Datenbank. Hier liegen die Belastungen zwischen denen in der Schweiz und Spanien (wiederum ohne weitere Transporte, etc.).
- Die Unsicherheiten bei der Bewertung der Gesamtbelastungen sind sehr hoch und hängen auch von der Bewertungsmethode ab. So werden z.B. mit dem europäischen Umweltfussabdruck Pestizide im spanischen Anbau so hoch bewertet, dass dieser schlechter abschneidet als der Schweizer Gewächshausanbau.

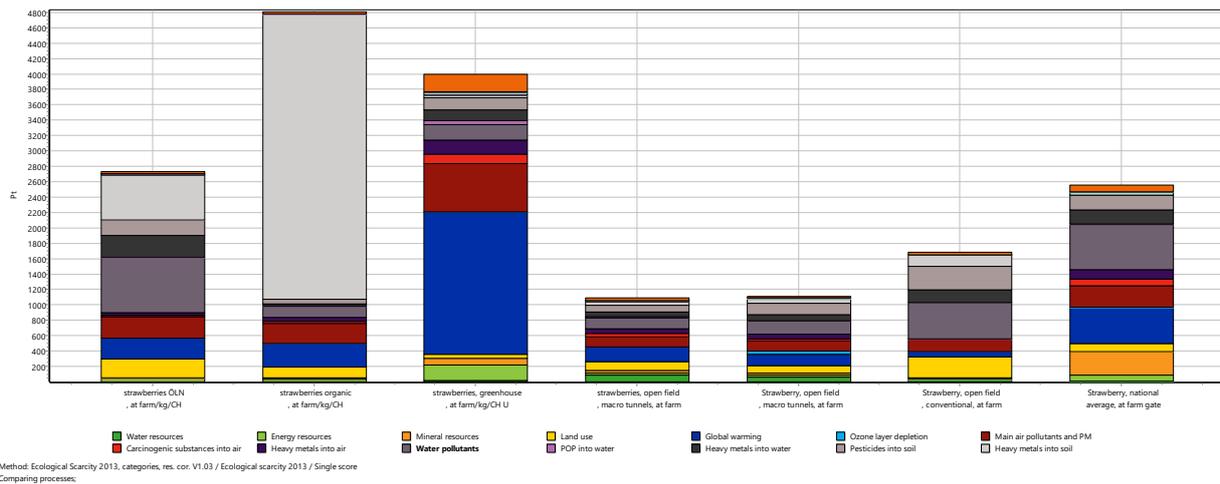


Fig. 3.1 Gesamtumweltbelastungen pro kg Erdbeeren ab Feld in verschiedenen Datenbanken

### 3.3 Wasserfussabdruck des Erdbeeranbaus

Für die Bewertung des Wasserfussabdruck gibt es verschiedene Bewertungsmethoden die teilweise unterschiedliche Sachbilanzdaten benötigen und je nach Methode zu unterschiedlichen Aussagen kommen können. Wir haben hierzu verschiedene Auswertungen durchgeführt. Diese kommen zu folgenden Resultaten:

- Der Anbau in Spanien wird meist als problematischer bewertet. In den Anbauregionen steht eher nicht genügend Wasser zur Verfügung und dadurch können höhere ökologische Schäden entstehen als in der Schweiz, wo meist genügend Wasser zur Verfügung steht.
- Die Wasserknappheit ist ein regionales Problem und muss eigentlich zeitlich und örtlich sehr differenziert ausgewertet werden. Im Rahmen dieser Kurzstudie ist das nicht im Detail möglich.
- Massnahmen sollten vor allem in Regionen mit Wasserknappheit ortsspezifisch durchgeführt werden.
- Wasser ist nur ein Umweltaspekt. Bezüglich der Bewertungen der Gesamtumweltbelastungen spielt dieser Unterschied zwischen Schweizer und Spanischen Erdbeeren keine grosse Rolle.
- Der Einfluss von Transporten auf den Wasserfussabdruck ist eher gering.

## 4 Diskussion

Unsere Auswertung erlaubt folgende Schlussfolgerungen:

- Verschiedene in der Schweiz angebotenen Früchte verursachen pro Kilogramm unterschiedlich hohe Belastungen. Erdbeeren sind dabei eher im oberen Segment.
- Saisonerdbeeren aus Schweizer Freilandanbau (bzw. dem nahen Ausland) weisen die tiefsten Umweltbelastungen im direkten Vergleich der angebotenen Erdbeeren auf.
- Leider besteht der Trend Saisonfrüchte und Gemüse das ganze Jahr über anzubieten. Zur eigentlichen Saison wird dann unter Umständen schon auf das nachfolgende Produkt zugegriffen, da die Gluscht bereits vergangen ist. Früchte und Gemüse sollten nach Möglichkeit vor allem saisonal ver- und gekauft werden.
- Erdbeeren aus dem unbeheizten Anbau schneiden trotz längerem Transportweg besser ab als regionale Produkte aus dem beheizten Gewächshaus.
- Flugtransporte sind aus Umweltsicht immer höchst belastend.

- Je niedriger die Umweltbelastungen im Anbau ausfallen desto höher ist der Einfluss von unterschiedlichen Transportwegen und Transportmitteln.
- Bei der Bewertung der Gesamtumweltbelastungen spielen Datenunsicherheiten und die angewandte Bewertungsmethode eine grössere Rolle. Mit der MoeK 20 wird sich das Ergebnis zugunsten der Schweizer Erdbeeren verschieben, da die Bewertung von Kupfer weniger relevant wird.

Beim Vergleich verschiedener Früchte, d.h. dem sprichwörtlichen «Äpfel und Birnen» Vergleich, sind ausserdem noch folgenden Faktoren relevant:

- Bilanziert wird hier die Menge verkauftes Produkt. Das gegessene Produkt kann sich noch verändern. So fällt bei Bananen deutlich mehr Grünabfall (Schale) als bei den beiden anderen Früchten an. Anders ausgedrückt landet also mehr Erdbeere im Mund.
- Auch bezüglich Zubereitung, Lagerung oder Food Waste kann es Unterschiede geben, die hier nicht berücksichtigt werden.
- Die Nährwerte können sich erheblich unterscheiden. Deshalb bieten die verschiedenen Früchte nicht die gleiche Funktion.
- In der Ökobilanz sind Vergleiche nur für eine funktionelle Einheit erlaubt. Dafür müssten diese Faktoren z.B. mit unterschiedlichen Mengen je nach Frucht berücksichtigt werden.

Die Auswertung wurde auf Grundlage von verfügbaren Sachbilanzdaten durchgeführt. Neue und eigene Erhebungen waren nicht möglich. Dabei sind folgende Unsicherheiten zu beachten:

- In der WFLDB wird für Spanien eine Anwendung von 200 kg Chloropicrin pro Hektar angegeben was im Vergleich zu den sonst angewendeten Pflanzenschutzmitteln hoch ist (sonst meist nur einige kg pro Hektar). Der Wert ist vor allem bei einer Bewertung mit dem Europäischen Umweltfussabdruck relevant. Nach eigenen Recherchen kann die Grössenordnung korrekt sein.
- Für Sachbilanzdaten der WFLDB zum Erdbeeranbau, die auf ecoinvent v3 basieren gibt es vermutlich einen Fehler in den Hintergrunddaten. Es wird dort angenommen, das Plastik aus dem Tunnel für den Anbau in offenen Feuern entsorgt wird. Dies führt zu extrem hohen Umweltbelastungen.

## 5 Literatur

- 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-services 2021 ESU-services (2021) 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., Hirsch 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 & 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. 2021 Jungbluth N., Meili C., Bussa M., Malinverno N., Ulrich M., 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. (2021) 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 et al. 2016 KBOB, eco-bau and IPB (2016) Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016 Empfehlung Nachhaltiges Bauen Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: [https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/publikationen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten\\_baubereich.html](https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/publikationen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html).
- Müller-Wenk 1978 Müller-Wenk R. (1978) Die ökologische Buchhaltung: Ein Informations- und Steuerungsinstrument für umweltkonforme Unternehmenspolitik. Campus Verlag Frankfurt.
- Nemecek et al. 2015 Nemecek T., Bengoa X., Lansche J., Mouron P., Riedener E., Rossi V. and Humbert S. (2015) Methodological Guidelines for the Life Cycle Inventory of Agricultural Products. World Food LCA Database (WFLDB). Quantis and Agroscope, Lausanne and Zurich, Switzerland.
- SimaPro 9 SimaPro (9) SimaPro 9.1.1 (2020) LCA software package. PRé Consultants, Amersfoort, NL, retrieved from: [www.simapro.ch](http://www.simapro.ch).
- Stoessel et al. 2012 Stoessel F., Juraske R., Pfister S. and Hellweg S. (2012) Life Cycle Inventory and Carbon and Water FoodPrint of Fruits and Vegetables: Application to a Swiss Retailer. *In: Environ. Sci. Technol.*, **46**(6), pp. 3253-3262, DOI: 10.1021/es2030577.
- TrÖbiV 2009 TrÖbiV (2009) Verordnung des UVEK über den Nachweis der positiven ökologischen Gesamtbilanz von Treibstoffen aus erneuerbaren Rohstoffen. In: *Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)*, Vol. Stand 15. April 2009, Switzerland, retrieved from: [www.admin.ch/ch/d/sr/6/641.611.21.de.pdf](http://www.admin.ch/ch/d/sr/6/641.611.21.de.pdf).

## 6 Anhang

Soweit möglich erfolgt die Festlegung der Systemgrenzen in Anlehnung an die ISO 14044 Norm für Ökobilanzen<sup>1</sup> (International Organization for Standardization (ISO) 2006a) und an die ecoinvent Methodik (Frischknecht et al. 2007).

---

<sup>1</sup> Das allgemeine Vorgehen bei Ökobilanzen wird auf unserer Homepage [www.esu-services.ch/de/dienstleistungen/case-studies/](http://www.esu-services.ch/de/dienstleistungen/case-studies/) beschrieben.

## 6.1 Bewertung der Sachbilanzergebnisse

Für die Studie werden die Bewertungsgrössen gemäss Tab. 1.1 verwendet<sup>2</sup>:

- 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.

### 6.1.1 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

---

<sup>2</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.

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>3</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).

Die aktuellen Emissionen pro Person und Jahr liegen in der Schweiz bei knapp 14 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. Tab. 6.1 zeigt weitere typische Referenzwerte für diesen Indikator, dabei wurde mit der Methode IPCC mit den RFI Faktoren gerechnet.

Tab. 6.1 Referenzwerte für Produkte und Dienstleistungen, die 1kg CO<sub>2</sub>-eq verursachen

1 kg CO <sub>2</sub> -eq entspricht...	
5'671.5	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
0.033	Kilogramm fossiles Methan, direkt emittiert
1.40	Liter Rohöl gefördert, mit Transport bis zur Raffinerie
3.5%	des privaten Tageskonsums einer Person in der Schweiz, 2018
3.3%	des Tageskonsums einer Person in der Schweiz
2.9	km Transport einer Person per Flugzeug
5.4	km Transport einer Person per Auto (Auslastung 1.6 Personen)
121.6	km Transport einer Person per Fahrrad
12.5%	eines vegetarischen Menüs mit 4 Gängen
6.4%	eines fleischhaltigen Menüs mit 3 Gängen
19.7%	des täglichen Nahrungsmittelkonsums einer Person in der Schweiz, 2018
26.6	Plastiktragtaschen (Produktion, Vertrieb und Entsorgung)
0.110	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

### 6.1.2 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). Eine Aktualisierung mit Referenzjahr 2020 ist zurzeit in Arbeit.

Die MoeK wurde in der Schweiz im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und unter Begleitung des Unternehmensverbandes für nachhaltiges Wirtschaften (öbu) entwickelt. Die Methode wird hier für eine Vielzahl von Studien von privaten und öffentlichen Auftraggebern durch Beratungsbüros und Forschungseinrichtungen angewendet. Teilweise wird die Anwendung auch gesetzlich vorgeschrieben (TrÖbiV 2009). Auch für die Planung von Bauwerken sind die Umweltbelastungspunkte einer von drei Umweltindikatoren (KBOB et al. 2016). Für die Darstellung von

<sup>3</sup> Einige weniger Autoren rechnen auch heute noch nur mit den Kohlendioxid Emissionen ohne Berücksichtigung weiterer Klimagase.

Ökobilanzergebnissen gegenüber der Öffentlichkeit und öffentlichen Stellen in der Schweiz ist dies damit die wichtigste Bewertungsmethode.

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. 6.1 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.

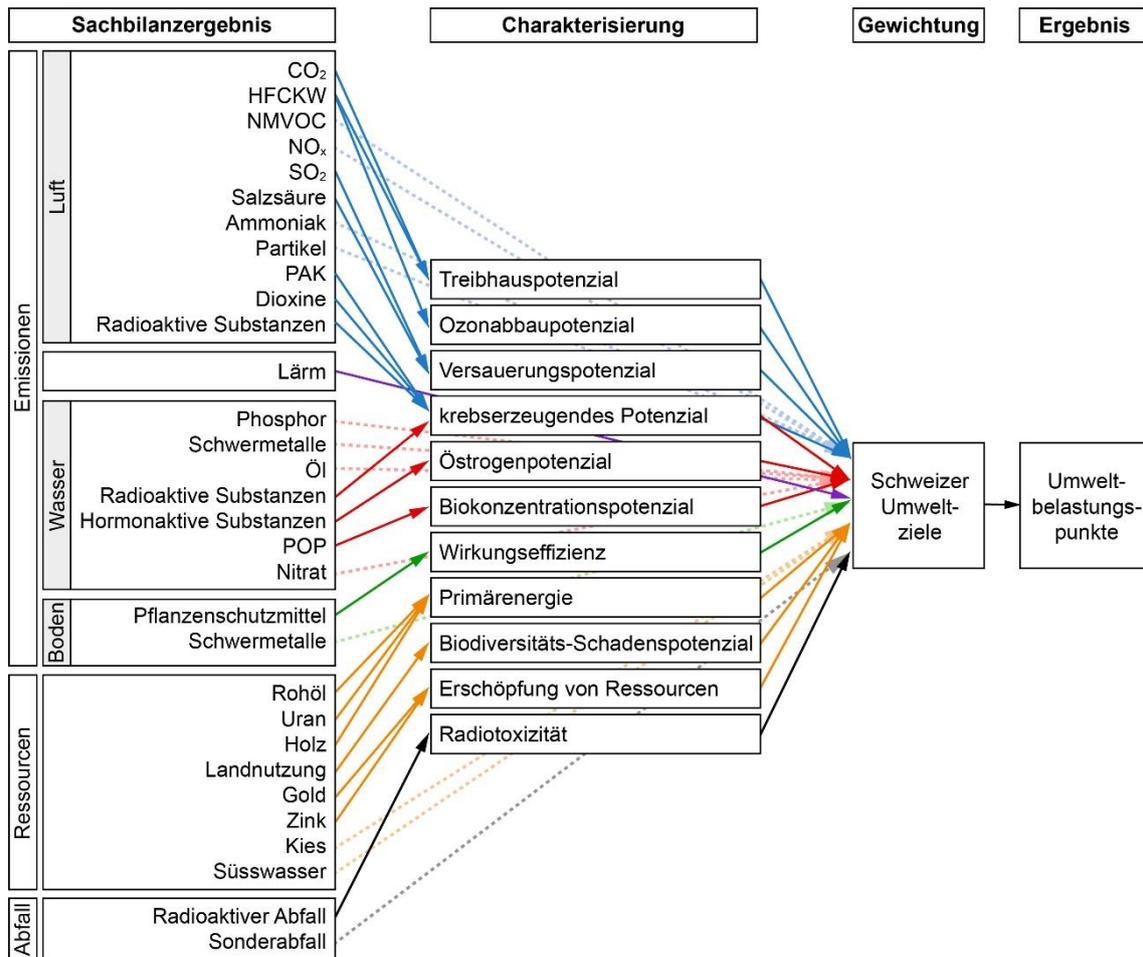


Fig. 6.1 Schematische Darstellung der Methode der ökologischen Knappheit 2013 (Frischknecht et al. 2013)

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

<b>F<sub>k</sub></b>	=	<b>Kritischer Fluss:</b> Kritischer jährlicher Fluss, bezogen auf das Referenzgebiet
<b>c</b>	=	<b>Konstante (10<sup>12</sup>/a)</b>
<b>UBP</b>	=	<b>Umweltbelastungspunkt:</b> 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. 6.2 unterschieden.

Tab. 6.2 Zuordnung von Schadstoffen und Ressourcen zu Umweltwirkungen und -themen in der Methode der ökologischen Knappheit (Frischknecht et al. 2013).

Belastungskategorie	Schadstoffe, Ressourcen, Vorsorgethema
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	Emission von FCKW, H-FCKW, Halone, Ether und Etherverbindungen die zum Abbau der Ozonschicht führen
Luftschadstoffe und Staub	Emission von SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NMVOC, NH <sub>3</sub> , PM10, PM2.5
Krebserregende Luftschadstoffe	Emission von Benzol, Dieselruss, Dioxine, PAK
Schwermetalle in Luft	Emission von Blei, Cadmium, Quecksilber, Zink
Wasserschadstoffe	Emission von Stickstoff, Nitrat, Phosphor, CSB, AOX, Chloroform, PAK, hormonaktive Stoffe
Persistente organische Schadstoffe (POP)	Emission von persistenten organischen Schadstoffen
Schwermetalle ins Wasser	Emission von Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink
Pflanzenschutzmittel	Anwendung von Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft und auf Industrieflächen
Schwermetalle in Boden	Emission von Blei, Cadmium, Kupfer, Zink
Radioaktive Substanzen in Luft	Emission von Kohlenstoff-14, Cäsium 137, Iod-129, etc.
Radioaktive Substanzen ins Wasser	Emission von Kohlenstoff-14, Cäsium 137, Iod-129, etc.
Lärm	Lärmemissionen von Lkw, Pkw, Bahn und Flugzeugen
Deponierte nicht-radioaktive Abfälle	In Untertagedeponien gelagerte Sonderabfälle, Deponierung Kohlenstoffhaltiger Abfälle
Deponierte radioaktive Abfälle	In Endlager deponierte radioaktive Abfälle

Bei den Indikatoren für Abfälle ist nicht klar welche Art von Umweltbelastung in der Methode bewertet werden soll. Gemäss Autoren der Methode werden Abfälle nach dem Vorsorgeprinzip bewertet. Dieses Vorgehen entspricht nicht den Vorgaben der ISO 14044 für die Festlegung von Umweltindikatoren (International Organization for Standardization (ISO) 2006b). Auch die Herleitung der Öko-Faktoren für einzelne Schadstoffe folgt nicht den Vorgaben der ISO-Norm da diese nur teilweise nach Umweltproblemen gruppiert werden.

Tausend Umweltbelastungspunkte (1000 UBP) entsprechen den in Tab. 6.3 gezeigten Referenzwerten.

Tab. 6.3 Referenzwerte für Produkte und Dienstleistungen, die 1000 Umweltbelastungspunkte verursachen

Tausend Umweltbelastungspunkte entsprechen...	
<b>4'048.0</b>	Liter Wasser ab Leitung in der Schweiz
<b>4.4</b>	Zentimeter Strasse, für ein Jahr genutzt
<b>2.2</b>	Kilogramm fossiles CO <sub>2</sub> , direkt emittiert
<b>0.083</b>	Kilogramm fossiles Methan, direkt emittiert
<b>0.07</b>	Gramm Kupfereintrag in landwirtschaftlich genutztem Boden
<b>0.60</b>	Liter Rohöl gefördert, mit Transport bis zur Raffinerie
<b>33.3</b>	Kilogramm Kiesabbau
<b>3.3</b>	Gramm Pestizidanwendung in der Landwirtschaft
<b>0.021</b>	des privaten Tageskonsums einer Person in der Schweiz, 2018
<b>4.3</b>	km Transport einer Person per Flugzeug
<b>4.5</b>	km Transport einer Person per Auto (Auslastung 1.6 Personen)
<b>94.4</b>	km Transport einer Person per Fahrrad
<b>0.059</b>	eines vegetarischen Menüs mit 4 Gängen
<b>0.040</b>	eines fleischhaltigen Menüs mit 3 Gängen
<b>0.068</b>	des täglichen Nahrungsmittelkonsums einer Person in der Schweiz, 2018
<b>37.9</b>	Plastiktragtaschen (Produktion, Vertrieb und Entsorgung)
<b>0.076</b>	T-Shirts aus Baumwolle
<b>0.0023</b>	der Produktion eines Laptops
<b>0.31</b>	des täglichen Konsums für Hobbies/Freizeitaktivitäten in der Schweiz, 2018
<b>0.61</b>	des täglichen Konsums für Möbeln und Haushaltsgeräten in der Schweiz, 2018

Für das Jahr 2021 wird mit der Veröffentlichung der Methode der ökologischen Knappheit 2020 gerechnet. ESU-services ist in der Begleitgruppe zur Entwicklung vertreten.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> <https://www.oebu.ch/de/news/aktuelle-news/aktualisierung-der-schweizer-oekofaktoren-treten-sie-der-begleit-gruppe-bei!-4874.html>