

Impressum

Zitiervorschlag

Niels Jungbluth;Martin Ulrich;Martina Eberhart;Christoph Meili;Maresa Bussa (2020) Ökoprofil Skier. ESU-services GmbH im Auftrag von Mountain Wilderness Schweiz, Schaffhausen, Schweiz, www.esu-services.ch/de/publications/

Auftragnehmer

ESU-services GmbH
Vorstadt 14, CH-8200 Schaffhausen
Tel. 0041 44 940 61 32
jungbluth@esu-services.ch
www.esu-services.ch

Auftraggeber

Mountain Wilderness Schweiz
Tim Marklowski
Projektleiter Bergspor
Sandrainstrasse 3, 3007 Bern
Tel +41 31 372 30 00
www.mountainwilderness.ch

Stichwörter

Ski;Recycling;Umweltfreundlich;Ökobilanz;CO2

Kurztext

In der Studie werden die Umweltbelastungen bei der Herstellung von Tourenski untersucht und dabei eine ökologische Variante modelliert.

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 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

29.05.20 06:54

https://esuservices-my.sharepoint.com/personal/mitarbeiter1_esuservices_onmicrosoft_com/Documents/647_LCA_skiausrüstung/Bericht/jungbluth-2020-LCA-Ökoprofil-Skier-v2.0.docx

Inhalt

INHALT	II
1 AUSGANGSLAGE UND FRAGESTELLUNG	1
2 METHODIK FÜR ÖKOBILANZEN	2
2.1 ISO 14040-44 (Produktökobilanzen)	2
2.2 ISO 14072 (Ökobilanz von Unternehmen)	3
2.3 Transparenz und Glaubwürdigkeit	3
3 ZIELDEFINITION	4
3.1 Geographische Rahmenbedingungen	4
3.2 Bewertung der Sachbilanzergebnisse	4
3.2.1 Klimaänderungspotenzial	5
3.2.2 Methode der ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte) (2013)	6
3.3 Hinweis bezüglich ISO-Konformität der Studie	8
4 DATENERHEBUNG UND MODELLIERUNG DER SACHBILANZ	9
5 AUSWERTUNG UND INTERPRETATION	11
6 SCHLUSSFOLGERUNGEN	15
7 LITERATUR	17

1 Ausgangslage und Fragestellung

Der Auftraggeber möchte einen konventionellen Ski und einen Ski aus «umweltfreundlichen» Materialien aus Umweltsicht vergleichen.

Eine Kurzbeschreibung des Projektes wird in Tab. 1.1 gezeigt.

Tab. 1.1 Übersicht zum vorgeschlagenen Projekt

Titel	Ökoprofil Skier
Auftraggeber	Mountain Wilderness Schweiz
Untersuchte Produkte	Herstellung eines Paar Ski aus verschiedenen Materialien
Skihersteller und Datenlieferant	earlybird skis gmbh, www.earlybirdskis.ch
Funktionelle Einheit	Ein Paar Ski
Fragestellung	Folgende Fragen sollen mit der Studie beantwortet werden: <ul style="list-style-type: none"> • Wie sieht die Ökobilanz für die Varianten aus? • Welche Faktoren spielen bei der Beurteilung eine Rolle? Folgende Schritte des Lebenszyklus werden berücksichtigt:
Bilanzraum	<ul style="list-style-type: none"> • Produktion der Materialien • Herstellung der Ski • Entsorgung (Verbrennung) bzw. Recycling der Ski
Software	SimaPro 9.0
Datenbanken	ESU 2020; Jungbluth et al. 2020
Umweltbewertung	<ul style="list-style-type: none"> • Methode der ökologischen Knappheit (UBP) 2013 (Frischknecht et al. 2013) • Carbon Footprint (IPCC 2013) inklusive zusätzlicher Einflüsse von Flugtransporten (Jungbluth & Meili 2019)
Standards	ISO 14040 (International Organization for Standardization (ISO) 2006a, b)
Vergleichende Studie	Ja.
Publikation	Ja. Die Studie soll beim Auftraggeber veröffentlicht werden. Sie darf nicht von einzelnen Firmen veröffentlicht werden.
Dokumentation	Schlussbericht (Deutsch)
Kritische Prüfung	Interne Validierung durch Niels Jungbluth

Ein Skihersteller hat hierzu Daten über Materialien/g pro Ski liefern. Es ist eine sehr kleine und explizit ökologisch ausgerichtete Firma. Für den Standardski werden die Grammangaben einfach übernommen und mit konventionellen Materialien bilanziert. Hinzu kommt der Transport der Rohmaterialien in die Fabrik, die Produktion, und die Entsorgung der Ski.

Tab. 1.2 Verwendete Materialien und Energieträger für den «ökologischen» Ski

Standardmaterial	Alternative
Stahlkanten	recycelte Stahlkanten
Glasfasern	Flachsfasern
Polyethylen	Recycelter Polyethylen
Standard Strommix	Öko-Strommix aus erneuerbaren Energien

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 dargestellt.

2.1 ISO 14040-44 (Produktökobilanzen)

Die ursprüngliche Ökobilanz bzw. das Life Cycle Assessment (LCA) ist eine Methode zur Abschätzung der mit einem Produkt¹ 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

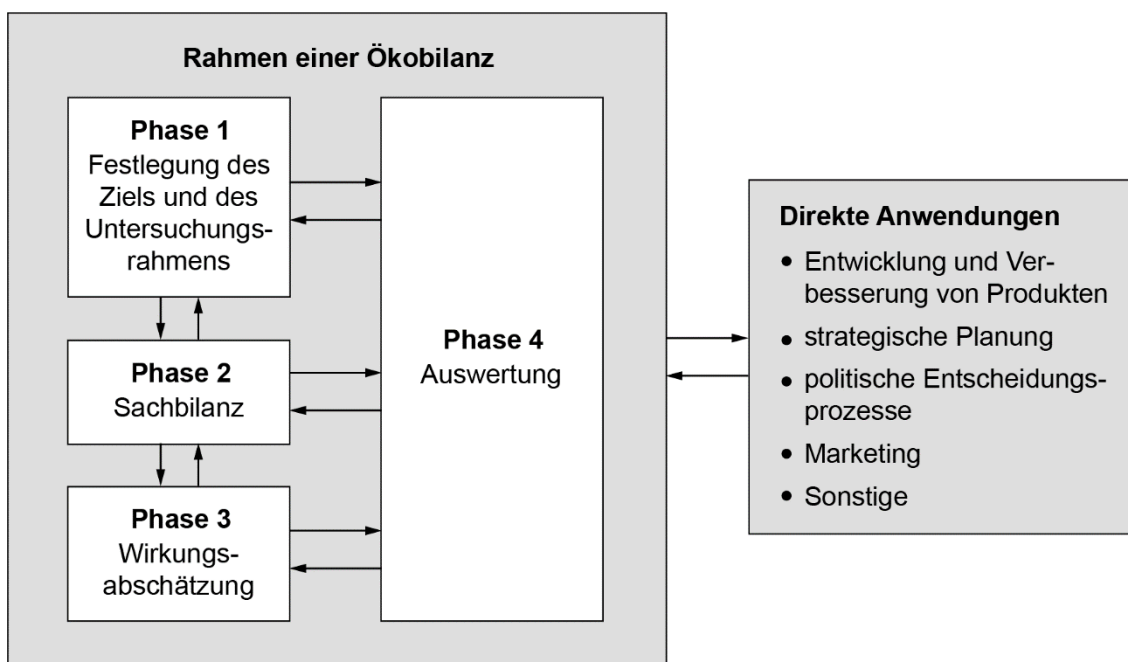


Fig. 2.1 Bestandteile einer Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA); Bezeichnungen in Deutsch (International Organization for Standardization (ISO) 2006a)

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 Umwelteinwirkungen² 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 Aussage³ veröffentlicht, ist eine kritische Prüfung notwendig, um die ISO-Normen 14040 und 14044 vollständig zu erfüllen. Ausserdem darf der Vergleich in diesem Spezialfall nicht alleine auf Basis von vollaggregierenden Methoden (wie z.B. die Methode der ökologischen Knappheit, ReCiPe, Eco-indicator 99) erfolgen. In vollaggregierenden Methoden werden verschiedene Umwelteinflüsse, basierend z.B. auf politischen Interessen, gewichtet. Die Verfasser der ISO-Standards sehen darin ein erhöhtes Risiko für Fehlinterpretationen.

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

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

3 Zieldefinition

Die Zielsetzung und der Untersuchungsrahmen werden hier festgelegt. Soweit möglich erfolgt die Festlegung der Systemgrenzen in Anlehnung an die ISO 14044 Norm für Ökobilanzen⁴ (International Organization for Standardization (ISO) 2006a) und an die ecoinvent Methodik (Frischknecht et al. 2007).

3.1 Geographische Rahmenbedingungen

In dieser Studie wurden Daten eines Herstellers aus der Schweiz mit Produktion der Skier in Tschechien erhoben und verwendet. Als Strommix wird in der Produktion (CZ) lokaler Ökostrom aus erneuerbaren Energieträgern verwendet. Aufgrund der ungenügenden Datenlage wird dieser Ökostrom mit Schweizer Ökostrom bilanziert. Da der Verkauf nur in der Schweiz stattfindet, wird der Transportweg aus Tschechien in die Schweiz der Produktion angerechnet.

Als zusätzliche Referenz wird eine Studie für Skier aus Österreich verwendet, die mit europäischen Strommischen bilanziert wurde.

3.2 Bewertung der Sachbilanzergebnisse

Für die Studie werden die Bewertungsgrössen gemäss Tab. 1.1 verwendet⁵:

- Bewertung verschiedener Arten von Umweltbelastungen in Luft, Wasser und Boden mit der Methode der ökologischen Knappheit (UBP) 2013 (Frischknecht et al. 2013).

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

⁴ Das allgemeine Vorgehen bei Ökobilanzen wird auf unserer Homepage www.esu-services.ch/de/dienstleistungen/case-studies/ beschrieben.

⁵ 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.

- 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.

3.2.1 Klimaänderungspotenzial

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

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

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

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

Für den Indikator Klimaänderungspotenzial werden in der öffentlichen Diskussion eine Vielzahl zu-meist synonyme Begriffe verwendet, z.B. Treibhausgasemissionen, Carbon Footprint, Klimabilanz, Klimawandel, Klimabelastung, Klimafussabdruck, CO₂-Fussabdruck, CO₂-Bilanz, etc.. Diese Begriffe sind nicht klar definiert. Relevant für die Unterscheidung ist dabei nicht der Begriff an sich, sondern die verwendete Version der IPCC Charakterisierungsfaktoren, der Zeithorizont, die berücksichtigten Klimagase⁶ und der Einbezug von zusätzlichen Effekten durch den Luftverkehr.

⁶ Einige weniger Autoren rechnen auch heute noch nur mit den Kohlendioxid Emissionen ohne Berücksichtigung weiterer Klimagase.

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

Die aktuellen Emissionen pro Person und Jahr liegen in der Schweiz bei knapp 14 Tonnen CO₂-eq. Tab. 3.1 zeigt weitere typische Referenzwerte für diesen Indikator, dabei wurde mit der Methode IPCC mit den RFI Faktoren gerechnet.

Tab. 3.1 Referenzwerte für Produkte und Dienstleistungen, die 1kg CO₂-eq verursachen

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

3.2.2 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. 3.1 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.

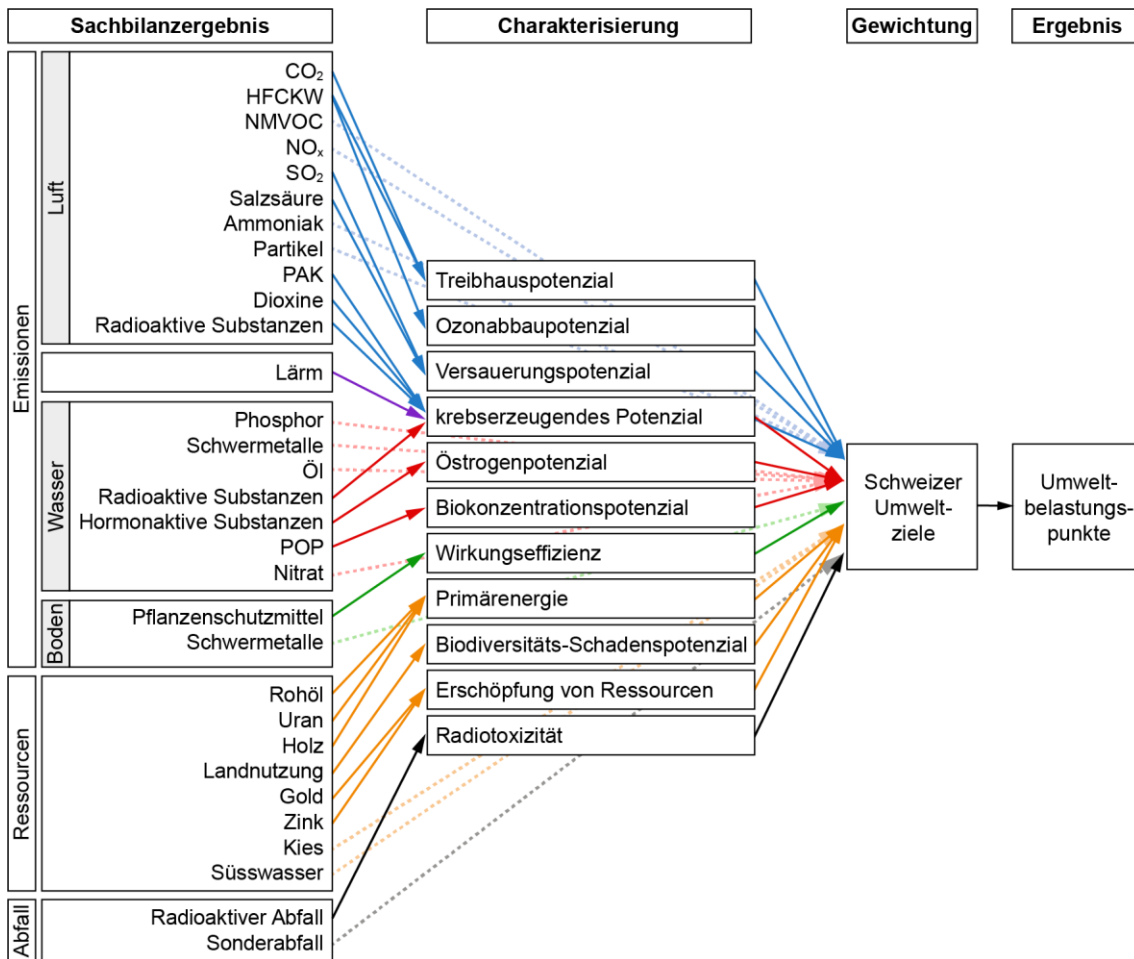


Fig. 3.1 Schematische Darstellung der Methode der ökologischen Knappheit 2013 (Frischknecht et al. 2013)

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_n** = **Normierungsfluss**: Aktueller jährlicher Fluss, bezogen auf die Schweiz
- F** = **Aktueller Fluss**: Aktueller jährlicher Fluss, bezogen auf das Referenzgebiet
- F_k** = **Kritischer Fluss**: Kritischer jährlicher Fluss, bezogen auf das Referenzgebiet
- c** = **Konstante (10¹²/a)**
- UBP** = **Umweltbelastungspunkt**: die Einheit des bewerteten Ergebnisses

Der Faktor c ist für alle Ökofaktoren identisch und dient der besseren Handhabbarkeit der Zahlen. Der erste Faktor dient der *Charakterisierung* und wird für Schadstoffe (beziehungsweise Ressourcen) angewendet, welche dieselbe Umweltwirkung verursachen (beispielsweise Klimaänderung). Der Charakterisierungsfaktor ist in dieser Methode optional, das heisst nicht alle Schadstoffe werden in dieser Methode charakterisiert. Der zweite Term dient der *Normierung* und enthält im Nenner den heutigen gesamtschweizerischen Fluss. Dieser wird entweder in charakterisierter Form angegeben

(beispielsweise Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr), wenn der für den entsprechenden Schadstoff ein Charakterisierungsfaktor angewendet wird, oder in seiner ursprünglichen Form (beispielsweise Tonnen PM10 pro Jahr), wenn der Schadstoff keinen Charakterisierungsfaktor hat. Der dritte Term enthält den *Gewichtungsschritt*. Hier werden die aktuellen Emissionen einerseits und das angestrebte Emissionsziel ins Verhältnis gesetzt und quadriert.

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

Tausend Umweltbelastungspunkte (1000 UBP) entsprechen den in Tab. 3.2 gezeigten Referenzwerten

Tab. 3.2 Referenzwerte für Produkte und Dienstleistungen, die 1000 Umweltbelastungspunkte verursachen

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

3.3 Hinweis bezüglich ISO-Konformität der Studie

Die Studie wird soweit möglich in Anlehnung an die ISO-Normen 14040ff erstellt. Allerdings handelt es sich hierbei um eine Kurzstudie, in der eine vertiefte Bilanzierung aller eingesetzten Materialien nicht möglich war. Eine Veröffentlichung ist vorgesehen. Wir weisen hier darauf hin, dass bei einer Veröffentlichung der Studie die Vorgaben der ISO-Normen 14040ff für Ökobilanzen nur dann vollständig erfüllt werden kann, wenn ein externes kritisches Review der Gesamtstudie durchgeführt wird (International Organization for Standardization (ISO) 2006b). Ein Review wurde nicht durchgeführt. Da es sich um eine erste Grobschätzung zu verschiedenen Varianten handelt wird sie als «Ökopprofil» bezeichnet.

4 Datenerhebung und Modellierung der Sachbilanz

Die Datenerhebung erfolgt auf Grundlage von Informationen des Auftraggebers für folgende Abschnitte des Lebenszyklus. Es werden keine eigenen, zusätzlichen Recherchen hierzu gestartet.

- Energie
- Materialien
- Transporte
- Verpackung
- Entsorgung und Recycling

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 gerechnet. Weitere Informationen zu den verfügbaren Datenbanken sind in einer Anlage zu dieser Offerte verfügbar.⁷

Zwischen folgenden Varianten des Produktes wird unterschieden:

- «JACKDAW 176, ökologisch»: Diese Variante wird teilweise mit alternativen oder recycelten Materialien und dem ökologischen Strommix produziert. Die Skier werden in der Schweiz in der Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) entsorgt.
- «JACKDAW 176, ökologisch, recycelt»: Diese Variante wird gleich produziert wie «JACKDAW 176, ökologisch». Der Ski wird am Lebensende bei einem Spezialunternehmen in Barcelona (ES) rezykliert.
- «JACKDAW 176, konventionell»: Diese Variante wird mit Standardmaterialien aus Primärproduktion und dem tschechischen Strommix modelliert. Der Ski wird in der Schweiz in der Kehrichtverbrennungsanlage entsorgt.

Die Datengrundlage für die Sachbilanz dieser drei Varianten des Produktes wurden in Zusammenarbeit mit dem Hersteller Earlybird gesammelt.

Zum Vergleich werden wie folgt zusätzlich zwei Varianten eines Referenzprodukts gezeigt. Die Datengrundlage für die Sachbilanz dieser zwei Referenzprodukte wurde aus einer Studie von Luthe et al. 2013) entnommen:

- «Studie, konventionell»: Diese Variante wird mit Standardmaterialien aus Primärproduktion und dem europäischen Strommix produziert. Die Skier werden in der Schweiz in der KVA entsorgt.
- «Studie, ökologisch»: Diese Variante wird mit alternativen oder recycelten Materialien und dem europäischen Strommix produziert. Die Skier werden in der Schweiz in der KVA entsorgt.

In der folgenden Übersichtstabelle Tab. 4.1 sind die verwendeten Materialien (bei denen es Unterschiede gab), die Energieträger und die Transportwege dargestellt.

⁷ Eine detaillierte Beschreibung der verfügbaren Datenbanken steht auf <http://esu-services.ch/de/address/angebote/> zur Verfügung.

Tab. 4.1 Übersichtstabelle der Materialien (bei denen es Unterschiede gab), des verwendeten Energiemix und der Transportwege der verschiedenen Skier.

Ski	Material					Strom	Transport	Entsorgung
	Kern	Ober-/Untergurt	Stahlkanten	Gleitfläche	Wachs			
Jackdaw 176 ökologisch	Laubholz	Flachfasern	Stahl, sekundär	Polyethylen, recycelt	Mineralöl	Öko-Strom, CH	157km Transport Rohmaterial 800km CZ nach CH	KVA, CH
Jackdaw 176 ökologisch recycelt	Laubholz	Flachfasern	Stahl, sekundär	Polyethylen, recycelt	Mineralöl	Öko-Strom, CH	157km Transport Rohmaterial 800km CZ nach CH 100km Sammlung 1000km CH nach Barcelona	Recycling, ES
Jackdaw 176 konventionell	Laubholz	Glasfasern	Stahl, primär	Polyethylen, primär	Mineralöl	Strommix, CZ	157km Transport Rohmaterial 800km CZ nach CH	KVA, CH
Studie konventionell	Laubholz	Aluminium Glasfasern	Stahl, primär	Polyethylen, primär	-	EU-Strommix	157km Transport Rohmaterial 574km Transport zum Lager	KVA, CH
Studie ökologisch	Laubholz Nadelholz	Glasfasern	Stahl, primär	Polyethylen, primär	-	EU-Strommix	157km Transport Rohmaterial 363km Transport zum Lager	KVA, CH

5 Auswertung und Interpretation

Die Umweltbelastungen verschiedener Varianten des Produktes werden hier hinsichtlich des Beitrages der verschiedenen Stufen im Lebenszyklus analysiert.

In Fig. 5.1 ist die Umweltbelastung bewertet mit der Methode der ökologischen Knappheit dargestellt. Die ökologische Variante hat eine halb so grosse Gesamtbelastung (24 kUBP) wie die konventionelle Variante (50 kUBP). Der Hauptunterschied zwischen dem konventionell produzierten JACKDAW Ski von Earlybird und dessen ökologischer Variante liegt in der Umweltbelastung durch den Stromverbrauch. Obwohl beide Varianten gleich viel Strom verbrauchen, ist die Umweltbelastung in diesem Beiträger für die ökologische Variante nur ein Zehntel (2 kUBP) dessen der konventionellen Variante (25 kUBP). Dies liegt daran, dass für die ökologische Variante der Strommix aus erneuerbaren Energiequellen verwendet wird und für die konventionelle Variante der tschechische Strommix. Die Verwendung des ökologischen Strommix führt zu einer Reduktion der Gesamt-Umweltbelastung um 52% (26 kUBP).

Des Weiteren ist erkennbar, dass der Unterschied in den Belastungen durch die verwendeten Materialien deutlich geringer ist als durch den verwendeten Strom. Die Einsparung in diesem Beiträger gegenüber der konventionellen Variante führen zu einer Reduktion der Umweltbelastung des Skis um 4% (2 kUBP).

In der Variante «JACKDAW 176, ökologisch, recycelt» wird der Ski am Lebensende zum Recycling nach Spanien transportiert. Dieser Transport führt zu einer Erhöhung der Gesamtumweltbelastung um ca. 10 % (2 kUBP). Auch der Recyclingprozess selbst führt dazu, dass die Stufe «Entsorgung/Recycling» eine höhere Umweltbelastung verursacht, als die Verbrennung in der KVA in der Schweiz. Grund dafür ist der lange Transport und das erhitzte Wasserbad, welches zum Recycling des Skis verwendet wird.

Die untersuchten Varianten der JACKDAW Skier werden in dieser Studie mit zwei Varianten basierend auf den Angaben einer Studie von Luthe et al. 2013) verglichen. Die zwei zusätzlichen Varianten beschreiben wiederum ökologische («Studie, ökologisch») und konventionelle Skier («Studie, konventionell»). Sie sollen als Vergleichswert zu den Ergebnissen dieser Studie dienen.

Wie zu erkennen ist, weist die konventionelle Variante der Studie eine 11% (5 kUBP) höhere Gesamtbelastung auf als die konventionelle Variante von Earlybird. Dies liegt an den höheren Angaben zum Rohmaterialbedarf in der Produktion der Skier, was zu einer 64% (13 kUBP) höheren Belastung vom Beiträger «Materialien» führt. Der Strommix wirkt sich bei den konventionellen Varianten aber negativ auf die Gesamtbelastung des JACKDAW Ski aus, da dieser mit dem tschechischen Strommix auf eine 46% (8 kUBP) höhere Belastung durch den Beiträger Energie kommt als die Referenz aus der Studie. Wenn man die ökologischen Varianten vergleicht, fallen die Unterschiede zwischen der Studie und dem Ski von Earlybird noch deutlicher aus. Der Referenz-Ski verursacht eine doppelt so grosse Umweltbelastung (47 kUBP) wie der JACKDAW Ski (24 kUBP). Der Unterschied durch die Materialien fällt etwas geringer aus als bei den konventionellen Varianten. Der Hauptunterschied entsteht durch die Verwendung des ökologischen Strommixes. Dieser für dazu, dass der Beiträger Energie des JACKDAW Skis nur ein Achtel (2 kUBP) dessen der Studie (16 kUBP) ist. Die weiteren Beiträger Entsorgung/Recycling, Transporte und Verpackung spielen im Vergleich eine untergeordnete Rolle.

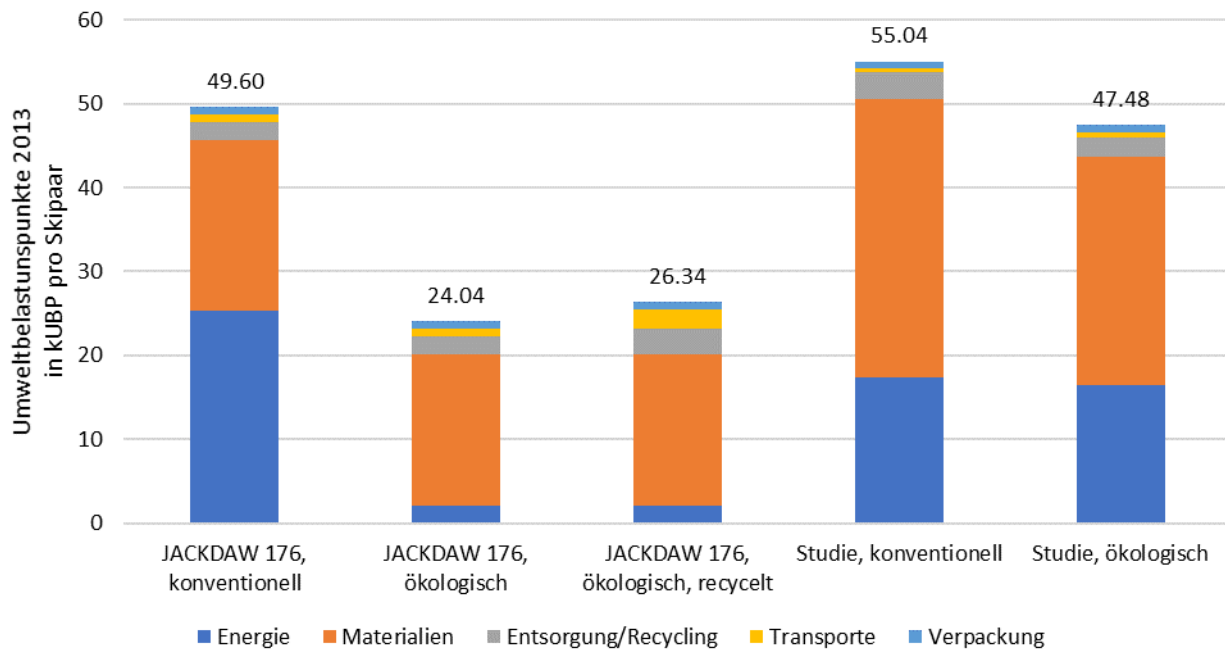


Fig. 5.1 Umweltbelastung bewertet mit der Methode der ökologischen Knappheit in UBP der konventionellen und der ökologischen Skier (JACKDAW 176, Angaben des Herstellers) und den Referenz Skiern (Studie, Luthe et al. 2013), aufgeteilt auf verschiedene Beiträge.

In Tab. 5.1 sind nochmals die Ergebnisse für die Umweltbelastungen aufgeteilt auf die verschiedenen Beiträge in tabellarischer Form dargestellt.

Tab. 5.1 Umweltbelastung bewertet mit der Methode der ökologischen Knappheit in UBP der konventionellen und der ökologischen Skier (JACKDAW 176, Angaben des Herstellers) und den Referenz Skiern (Studie, Luthe et al. 2013), aufgeteilt auf verschiedene Beiträge.

In KUBP pro Paar Skier	Energie	Materialien	Entsorgung/Recycling	Transporte	Verpackung	Summe
JACKDAW 176, konventionell	25.39	20.24	2.14	0.96	0.87	49.60
JACKDAW 176, ökologisch	2.06	18.01	2.14	0.96	0.87	24.04
JACKDAW 176, ökologisch, recycelt	2.06	18.01	3.08	2.32	0.87	26.34
Studie, konventionell	17.34	33.18	3.27	0.37	0.87	55.04
Studie, ökologisch	16.40	27.29	2.34	0.58	0.87	47.48

In folgender Abbildung Fig. 5.2 ist die Umweltbelastung bewertet mit dem Klimaänderungspotenzial dargestellt. Die Ergebnisse verhalten sich analog zu jenen, welche mit der Methode der ökologischen Knappheit bewertet wurden. Die ökologische Variante (19 kg CO₂-eq) JACKDAW Skis hat eine 61% geringere Gesamtbelastung als seine konventionelle Variante (50 kg CO₂-eq). Dieser Unterschied entsteht wieder fast ausschliesslich durch den verwendeten Strommix. Auch bei dieser Methode hat der Beiträger Materialien nur geringen Einfluss auf die Differenz der Gesamtbelastung der konventionellen und ökologischen Variante des Skis von Earlybird. Insgesamt hat die Stufe «Entsorgung/Recycling» einen höheren Anteil an der Gesamtbelastung beim Klimaänderungspotenzial, da die Treibhausgas Emissionen durch die Verbrennung in der KVA stärker ins Gewicht fallen. Dies führt auch dazu, dass das Recycling gegenüber der Entsorgung in der KVA besser dasteht. Aufgrund des Transportwegs zum Recycling wird diese minimale Einsparung aber wieder relativiert und die rezyklierte Variante erhält wieder eine höhere Belastung. Deshalb schneidet Variante «ökologisch, recycelt» erneut geringfügig schlechter als die Variante «ökologisch» ab.

Die Varianten aus der Studie verursachen beide weniger CO₂ Äquivalente (37 bzw. 45 kg CO₂-eq) als die konventionelle Variante des JACKDAW Skis. Dies liegt daran, dass der tschechische Strommix mit dieser Bewertungsmethode noch stärker ins Gewicht fällt. Weiterhin erreicht die ökologische Variante des JACKDAW Skis die geringste Umweltbelastung.

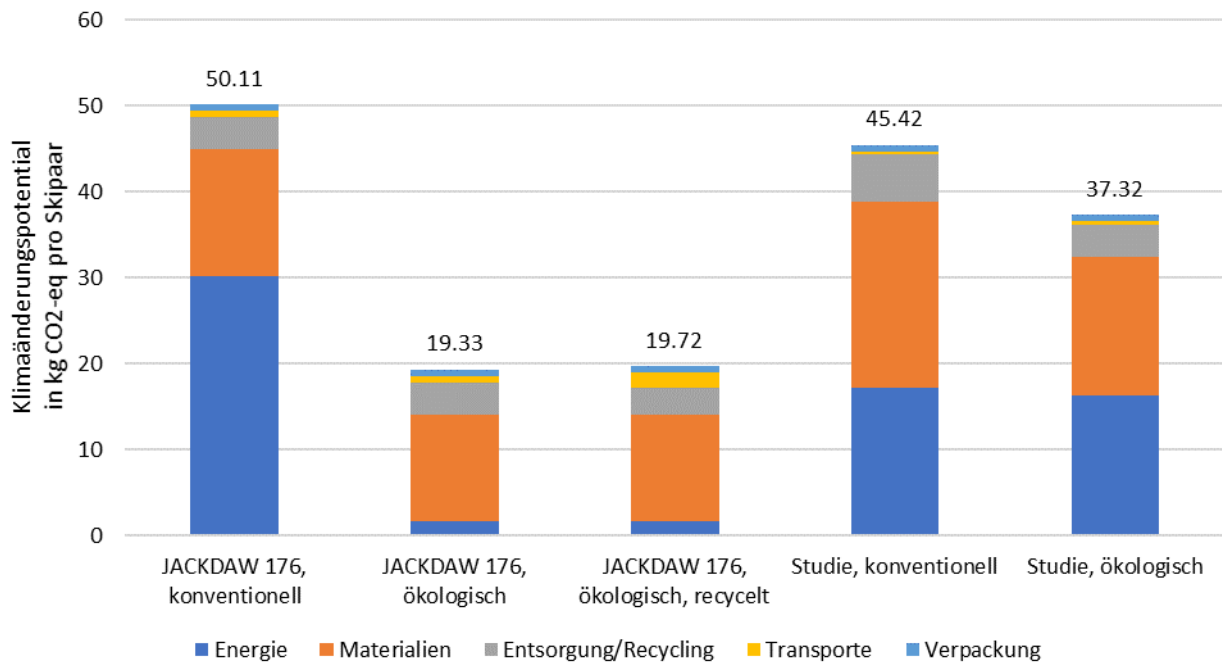


Fig. 5.2 Umweltbelastungspunkte bewertet mit dem Klimaänderungspotential in kg CO₂-eq der konventionellen und der ökologischen Skier (JACKDAW 176, Angaben des Herstellers) und den Referenz-Skiern (Studie, Luthe et al. 2013), aufgeteilt auf verschiedene Beiträge.

In Tab. 5.2 sind nochmals die Ergebnisse für die Umweltbelastungen aufgeteilt auf die verschiedenen Beiträge in tabellarischer Form dargestellt.

Tab. 5.2 Umweltbelastungspunkte bewertet mit dem Klimaänderungspotential in kg CO₂-eq der konventionellen und der ökologischen Skier (JACKDAW 176, Angaben des Herstellers) und den Referenz-Skiern (Studie, Luthe et al. 2013), aufgeteilt auf verschiedene Beiträge.

In kgCO ₂ -eq pro Paar Skier	Energie	Materialien	Entsorgung/ Recycling	Transporte	Verpackung	Summe
JACKDAW 176, konventionell	30.22	14.66	3.75	0.74	0.74	50.11
JACKDAW 176, ökologisch	1.65	12.44	3.75	0.74	0.74	19.33
JACKDAW 176, ökologisch, recycelt	1.65	12.44	3.03	1.85	0.74	19.72
Studie, konventionell	17.23	21.60	5.56	0.29	0.74	45.42
Studie, ökologisch	16.33	16.06	3.72	0.47	0.74	37.32

Im Folgenden werden die Skier in Relation zu an den Ski gekoppelte Aktivitäten gesetzt. Hierfür wird die Umweltbelastung durch einen Tag Skifahren bzw. 100 km Autofahren (für eine Skitour) mit der Umweltbelastung der Skier verglichen. Für die Umweltbelastung durch einen Tag Alpin-Skifahren wird die Bereitstellung und der Betrieb der Infrastruktur im Skigebiet betrachtet. Die Anfahrt (abhängig vom Transportmittel), die Verpflegung und die Bekleidung sind nicht mit einbegriffen (König et al. 2014). Die Umweltbelastung für 100 pkm Autofahren entspricht der Belastung durch Herstellung, Wartung und Benutzung des Autos und der Strassen. Skitouren, ohne Benutzung zusätzlicher Aufstiegshilfen, können einfach durch die Anfahrt mit dem jeweiligen Transportmittel abgeschätzt

werden. Ansonsten entsteht keine zusätzliche Belastung (Verpflegung und Bekleidung nicht einbezogen).

In der folgenden Abbildung Fig. 5.3 wird ersichtlich, dass die Umweltbelastung an einem Tag der normalen Ski-Nutzung bereits in derselben Grössendimension liegt wie die Produktion und Entsorgung der gesamten der Skier. Die ökologischen JACKDAW Skier verursachen ungefähr die gleiche Umweltbelastung wie 100 pkm Autofahren oder 2-3 Tage Skifahren.

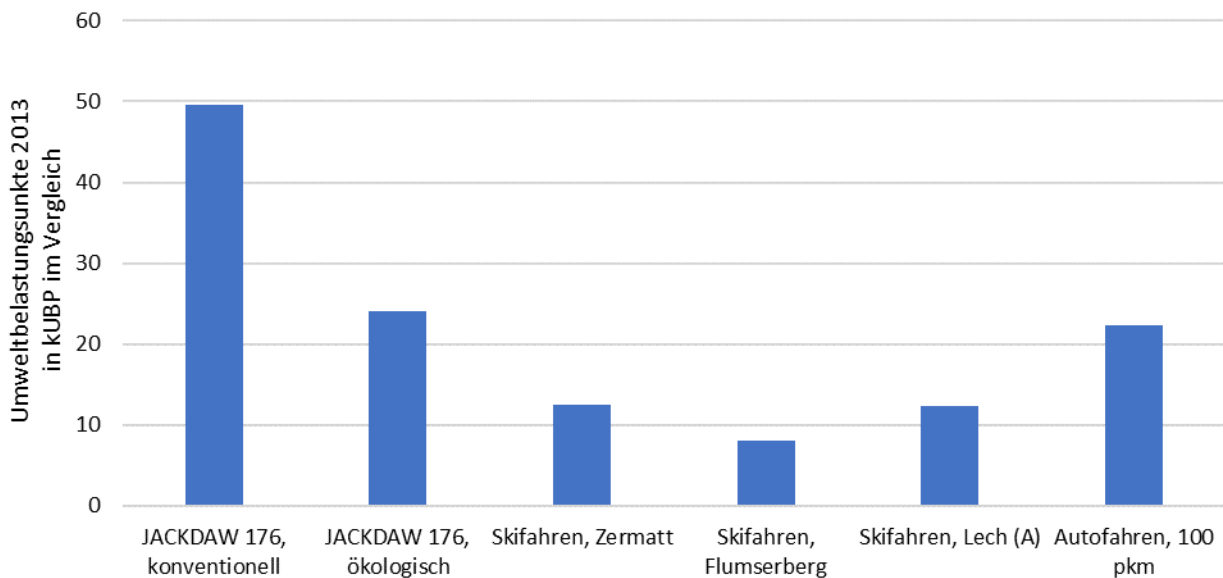


Fig. 5.3 Die Umweltbelastung bewertet mit der Methode der Ökologischen Knappheit in UBP der Skier im Vergleich zu einem Tag Skifahren in verschiedenen Skigebieten oder 100 pkm Autofahrt.

Wenn dieser Vergleich mit dem Klimaänderungspotential bewertet wird, wie in Abbildung Fig. 5.4 gezeigt, führt dies zu ähnlichen Ergebnissen. Hundert Kilometer Autofahren verursacht auch bei dieser Bewertungsmethode ungefähr die gleiche Umweltbelastung wie die ökologischen Skier.

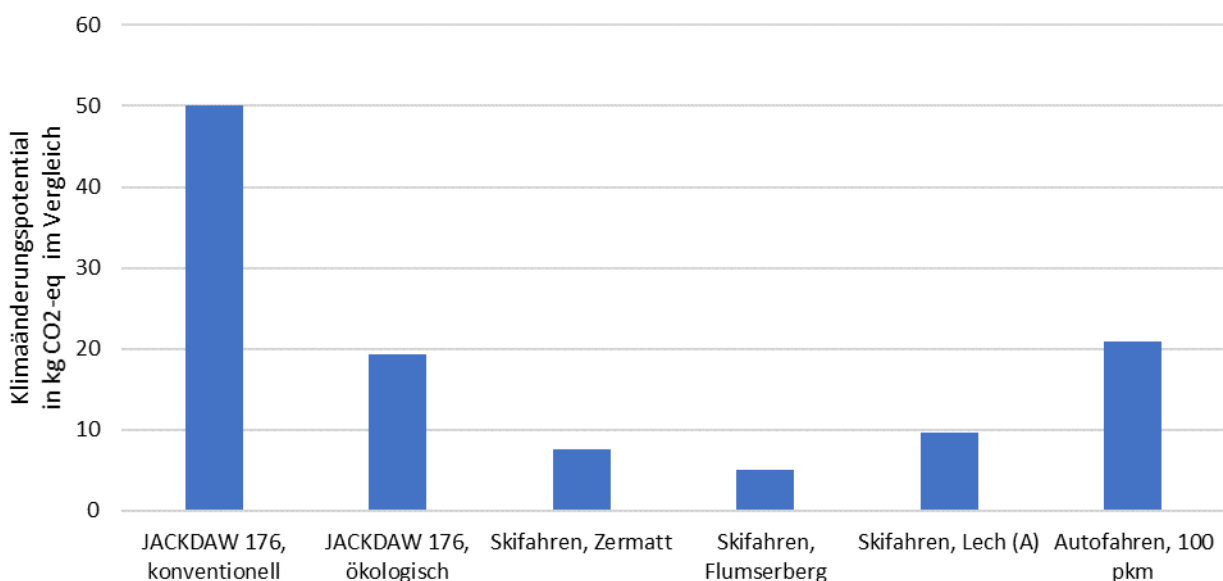


Fig. 5.4 Die Umweltbelastung bewertet mit dem Klimaänderungspotential in kg CO₂-eq der Skier im Vergleich zu einem Tag Skifahren in verschiedenen Skigebieten oder 100 pkm Autofahrt.

Um die Grössenordnung der Umweltbelastung durch die Skier besser zu verstehen, werden die zum Skifahren relevanten Verkehrsmittel in Relation zu den Skiern selbst gesetzt. Hierfür sind in der folgenden Tab. 5.3 die gefahrenen Personenkilometer für verschiedene Verkehrsmittel dargestellt, welche die gleiche Umweltbelastung verursachen wie die ökologischen Skier von Earlybird. Sowohl bewertet mit der Methode der ökologischen Knappheit wie auch mit dem Klimaänderungspotential entspricht ein paar Skier ungefähr 100 pkm Autofahren (siehe auch Fig. 5.3 und Fig. 5.4) und ca. 160-170 pkm mit dem Bus. Nur für den Regionalzug gehen die Ergebnisse zwischen den zwei Bewertungsmethoden auseinander. Somit kann die Umweltbelastung von einem oder mehreren Tagen Skifahren (inkl. An- und Rückfahrt), die der Skier selbst schon übersteigen.

Tab. 5.3 Gegenüberstellung der Umweltbelastung durch die Skier «JACKDAW 176, ökologisch» mit den Verkehrsmitteln Auto, Linienbus oder Regionalzug.

Referenz	Einheit	Gleich viele kUBP	Gleich viel kg CO ₂ -eq
Skier (ökologisch)	Paar	1	1
Auto	pkm	108	93
Linienbus	pkm	158	171
Regionalzug	pkm	573	1'890

6 Schlussfolgerungen

In dieser Kurzstudie werden konventionelle Ski und «ökologische» Ski aus biogenen, bzw. recycelten Materialien hinsichtlich der verursachten Umweltbelastungen analysiert und grob verglichen. Die Beurteilung der Skier zeigt, dass die ökologische Variante des untersuchten Skier JACKDAW des Herstellers Earlybird geringere Umweltbelastung als die konventionelle Vergleichsvariante verursacht. Dies gilt für beide Bewertungsmethoden, für die Methode der ökologischen Knappheit und das Klimaänderungspotential.

Dieser Vorteil der ökologischen Variante beruht aber vor allem auf der Verwendung des Strommix aus erneuerbaren Energien. Zur weiteren Optimierung sollte auch der Strom- und Energiebedarf bei der Herstellung soweit möglich verringert werden. Eine Reduktion des Energiebedarfs und die Verwendung von Ökostrom ist auch bei der Produktion von konventionellen Skiern das wichtigste Optimierungspotenzial.

Um Unsicherheiten bei der Gesamtbilanz der ökologischen Variante zu verringern, könnte der (Öko-)Strommix aus erneuerbaren Energien aus Tschechien noch modelliert werden, da in dieser Studie mit dem Schweizer Ökostrommix gerechnet wurde.

Der Anteil der alternativen oder recycelten Materialien hat hingegen eine zweitrangige Rolle in der Gesamtbilanz der Umweltbelastung des Produktes.

Auch zu den eingesetzten «ökologischen» Materialien waren im Rahmen der Kurzstudie nur grobe Abschätzungen möglich. Auch hier wäre es empfehlenswert in einer vollständigen Ökobilanz noch genauere Daten zur Produktion bei den entsprechenden Herstellern zu erheben.

Auch detaillierte Ökobilanzen für biogene Materialien im Vergleich zu fossilen Materialien weisen häufig keine deutliche Reduktion der Umweltbelastungen aus. In der Regel führen biogene Materialien zu einer Reduktion von Treibhausgasemissionen. Aber beim Anbau der notwendigen Biomasse entstehen Umweltbelastungen durch Pestizide, Dünger, Land- und Wassernutzung, die in einer Gesamtbetrachtung die Vorteile bei den Treibhausgasen mindestens zum Teil wieder ausgleichen (z.B. Zah et al. 2007).

Bei der Verwendung von Recyclingmaterialien gibt es häufig Nutzungskonkurrenz. Der Einsatz ist nur dann ein klarer Vorteil, wenn die Materialien sonst entsorgt werden müssten. Bei Stahl z.B. ist

die Nachfrage nach Sekundärstahl in der Regel hoch genug, so dass es kein Absatzproblem gibt. Je nach Material ist auch der Aufwand für das Recycling nicht zu unterschätzen. Besonders lohnenswert ist Recycling wenn energieintensive Schritte wegfallen (z.B. beim Aluminium). Auch hier sind die in Ökobilanzen ausgewiesenen Vorteile somit nicht immer riesig gross.

Das mögliche Recycling der ökologischen Variante führt in der Untersuchung nicht zum gewünschten Effekt. Die Gesamtbelastung der Umwelt durch die Skier mit Recycling ist sogar grösser als jener, die in der KVA verbrannt werden. Zusätzlich führt der Transport aus der Schweiz zum Recycling nach Spanien zu erhöhter Umweltbelastung. Detaillierte Angaben zum Recycling-Prozess waren für die vorliegende Studie noch nicht vorhanden. Deshalb sind die Ergebnisse für diese rezyklierte Variante mit Vorsicht zu geniessen und spiegeln eine erste, grobe Abschätzung wider. Um aussagekräftige Erkenntnisse zum Recycling zu erhalten, müssen zuerst genauere Angaben über den Prozess selbst und zur notwendigen Logistik gesammelt werden. Genauere Überlegungen zum Aufbau eines Recyclingsystems sind hier notwendig. Nur die «Recyclingfähigkeit» stellt dabei noch keinen Umweltvorteil dar. Es bleibt fraglich ob der Aufbau eines solchen Systems für diese doch eher spezielle Produktgruppe mit langen Nutzungsdauern und starken Unterschieden zwischen verschiedenen Herstellern wirklich sinnvoll möglich ist. Evtl. ist zu überlegen ob ein Leasing- oder Verleihsystem geeigneter wäre, um die Skier sicher einer umweltfreundlichen Entsorgung zuzuführen.

Dieses Ökoprofil kann nicht alle möglichen Vorteile der ökologischen Skier im Detail untersuchen. Gewisse Aspekte, wie z.B. die Verwendung von FSC zertifiziertem Holz sind sicher empfehlenswert, können aber nur schwer quantitativ bewertet werden.

Wenn man die Umweltbelastung durch Herstellung, Transport und Entsorgung der Skier mit Aktivitäten vergleicht, die mit den Skiern verbunden sind, wird eine weitere Feststellung deutlich. Über die Lebenszeit der Skier gesehen, wirkt die Belastung, welche durch den Ski selbst entsteht, sehr klein im Verhältnis zu anderen Umweltbelastungen, die durch das Skifahren verursacht werden. Sehr viel relevanter ist das Transportmittel und die Entfernung bis zum Ausgangspunkt der Skitour bzw. der Talstation. Hier gibt es in der Regel ein deutlich grösseres Optimierungspotenzial. Für Abfahrtski ist auch die benötigte Infrastruktur und Unterhaltung der Skipisten zum Skifahren ein entscheidender Faktor für Umweltbelastung.

Dies ist zu erwähnen, da diese Problematik die Gefahr eines negativen Rebound Effekts in sich birgt. Wenn ein Konsument einen ökologischen Ski kauft, wiegt er sich in der Gewissheit, etwas Positives für die Umwelt gemacht zu haben. Dadurch konsumiert er möglicherweise weniger Bedacht an anderer Stelle, geht noch motivierter und öfter Skifahren, und hat am Ende eine höhere Umweltbelastung als zuvor.

Durch den ökologischen JACKDAW Ski von Earlybird wird die Umweltbelastung durch die Produktion des Skis deutlich verringert. Um die Umweltbelastung durch Skifahren nachhaltig zu verringern, muss der Konsument jedoch sein Verhalten diesbezüglich ändern. Hierfür könnte er beim Kauf der Skier entsprechend aufgeklärt werden. Zum Beispiel über die Umweltbelastung durch verschiedene Transportmittel oder Arten von Skiaktivitäten. So könnte der Konsument sein Verhalten anpassen und würde sich nicht in einer falschen Sicherheit über die verursachte Umweltbelastung wiegen.

7 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 2020 ESU (2020) The ESU database. ESU-services Ltd., Schaffhausen, retrieved from: www.esu-services.ch/data/database/.
- Frischknecht et al. 2007 Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.-J., Doka G., Dones R., Heck T., Hellweg S., Hirschler R., Nemecek T., Rebitzer G. and Spielmann M. (2007) Overview and Methodology. ecoinvent report No. 1, v2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.org.
- Frischknecht et al. 2008 Frischknecht R., Steiner R. and Jungbluth N. (2008) Methode der ökologischen Knappheit - Ökofaktoren 2006. Umwelt-Wissen Nr. 0906. ESU-services GmbH im Auftrag des Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, retrieved from: www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01031/index.html?lang=de.
- Frischknecht et al. 2013 Frischknecht R., Büsser Knöpfel S., Flury K. and Stucki M. (2013) Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit: Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 1330. treeze und ESU-services GmbH im Auftrag des Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, retrieved from: www.bafu.admin.ch/uw-1330-d.
- 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. 2020 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. (2020) 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/.
- König et al. 2014 König A., Doublet G. and Jungbluth N. (2014) Treibhausgasbilanz verschiedener Ferienszenarien. ESU-services Ltd. im Auftrag von WWF Schweiz, Zürich, retrieved from: www.esu-services.ch/de/projekte/tourism/.
- Luthe et al. 2013 Luthe T., Kägi T. and Reger J. (2013) A Systems Approach to Sustainable Technical Product Design. Yale University, Chur.
- Müller-Wenk 1978 Müller-Wenk R. (1978) Die ökologische Buchhaltung: Ein Informations- und Steuerungsinstrument für umweltkonforme Unternehmenspolitik. Campus Verlag Frankfurt.
- SimaPro 9.0 SimaPro (9.0) SimaPro 9.0 (2019) LCA software package. PRé Consultants, Amersfoort, NL, retrieved from: www.simapro.ch.

Zah et al. 2007 Zah R., Böni H., Gauch M., Hirsch R., Lehmann M. and Wäger P. (2007) Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen. Schlussbericht. Abteilung Technologie und Gesellschaft, Empa im Auftrag des Bundesamtes für Energie, des Bundesamtes für Umwelt und des Bundesamtes für Landwirtschaft, Bern, retrieved from: www.bfe.admin.ch/energie/00588/00589/00644/index.html?lang=de&msg-id=12653.