

Impressum	
Titel	Kurzbericht Klimabelastung Skifahren in Flumserberg
Autoren	Christoph Meili, Niels Jungbluth ESU-services Ltd., fair consulting in sustainability Vorstadt 10, CH-8200 Schaffhausen Tel. 044 940 61 32 jungbluth@esu-services.ch https://www.esu-services.ch/
Kunde	SRF - Schweiz Aktuell
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 hat unser Team Pionierarbeit geleistet.
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 https://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 Autoren dieses Berichts verantwortlich.
Version	23.04.24 09:54 https://esuserVICES-my.sharepoint.com/personal/jungbluth_esuserVICES_onmicrosoft_com/Documents/ESU-intern/084_data_on_demand/Tools/Reiseszenarien/Bericht/meili-2023-Kurzbeschrieb-Reiseszenarien-SRF-v1.0.docx

1 Ausgangslage

Der Kunde möchte einen TV-Beitrag mit Zahlen zur Klimabelastung von einem Tag Skifahren bereichern. In dieser Kurzstudie werden dafür Szenarien mittels vorhandener Ökobilanzdaten für Reisemittel und Aktivitäten gerechnet.

2 Rahmenbedingungen

- Vorgehen mehrheitlich analog früherer Studien z.B. im Auftrag des Kassensturz und des WWF (Keller et al. 2014).
- Untersuchung des Klimaänderungspotenzials inklusive zusätzlichem Erwärmungseffekt durch Flugreisen (IPCC 2021, Jungbluth & Meili 2019)
- Verwendung aktueller Ökobilanz-Datenbanken (ESU-services 2024) für Hintergrund-Daten.

3 Klimaänderungspotenzial (2021)

Treibhausgasemissionen führen zu dauerhaften Veränderungen im Klimasystem der Erde. Der Klimawandel führt zu verschiedenen direkten und indirekten Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, auf Infrastrukturen und Umweltschäden, wie z.B.:

- Ungewohnte Temperaturen an bestimmten Orten und zu ungewohnten Zeiten.
- Veränderungen der jährlichen Menge und Verteilung von Niederschlägen und Schneefällen
- Änderungen in Windgeschwindigkeiten
- Gletscherschmelzen, die zum Auftauen 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 bisher keine ausreichenden wirtschaftlichen, technischen Lösungen, um Klimaschäden rückgängig zu machen. Die Überschreitung von sogenannten Kipppunkten (z.B. Abschmelzen polarer Gletscher, Klimaänderung im Regenwald, Veränderung globaler Meeresströmungen, etc.) führt zu einer selbstverstärkenden Verstärkung von Klimaeffekten.

Da eine Lösung für dieses Problem noch nicht in Sicht ist, wird es von vielen Forschern als derzeitig drängendstes globale Umweltproblem angesehen. Ausserdem sind die meisten Folgen, auf Grund der Emission von menschlich verursachten Treibhausgasen in überschaubarer Zeitdauer von hunderten von Jahren irreversibel. Das heisst alle Folgen, die bereits jetzt sichtbar sind, werden viele Generationen von Menschen beeinträchtigen.

Zwei wichtige Begriffe für Emissionen werden in der öffentlichen Diskussion zuweilen vermischt, beziehungsweise falsch verwendet. Deshalb im Folgenden eine kurze Definition laut IPCC (2021):

- **Kohlenstoffdioxid (CO₂):** Natürlich auftretendes Gas, welches bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern oder Biomasse entsteht. Ausserdem kann es bei der Änderung von Bodennutzung oder bei industriellen Prozessen wie z.B. der Zementproduktion entstehen. Es ist das Wichtigste durch menschliche Aktivitäten emittierte/ausgestossene Treibhausgas, welches die Strahlungsbilanz der Erde beeinflusst und gilt als Referenzgas, gegen welches die anderen Treibhausgase gemessen werden (CO₂-Äquivalente).

- **Treibhausgase** (THGs): Gase, welche in natürlicher Weise oder menschengemacht in der Atmosphäre auftreten, welche Strahlung von spezifischen Wellenlängen absorbieren und abgeben, und dadurch den Treibhauseffekt verursachen. Neben CO₂ werden im Rahmen dieser Studie, unter anderem Lachgas (N₂O), Methan (CH₄), Schwefelhexafluorid (SF₆), Fluorkohlenwasserstoffe (FKWs, eng. HFCs) und perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFCs) mit bilanziert. Die Belastungen werden als CO₂-eq (also Kohlenstoffdioxid-Äquivalente charakterisiert, bilanziert und berichtet.

Substanzen, welche zur Verstärkung des Treibhauseffekts beitragen, werden mittels ihres „global warming potentials“ (GWP) nach IPCC als Wirkungsparameter bewertet (IPCC 2021). 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 einem Kilogramm 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 ebenfalls relevant, da dieser die unmittelbare kurzfristige Temperaturveränderungsrate mitbestimmt, welche wiederum die erforderliche Adaptionfähigkeit für terrestrische Ökosysteme vorgibt. Die Verwendung der längeren Integrationszeiten von 500 Jahren entspricht der Integration über einen sehr langen Zeithorizont und lässt Aussagen über das Potenzial der absoluten Veränderungen zu (Meeresspiegelerhöhung, Veränderung der Durchschnittstemperatur).

Für den Indikator Klimaänderungspotenzial werden in der öffentlichen Diskussion eine Vielzahl zumeist synonyme Begriffe verwendet, z.B. Treibhausgasemissionen, Carbon Footprint, Klimabilanz, 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 Klimagase¹ und der Einbezug von zusätzlichen Effekten durch den Luftverkehr.

Die aktuellste Version der Charakterisierungsfaktoren wurde 2021 veröffentlicht (IPCC 2021).

In unserem Studien wissen wir ab 2022 in der Regel nicht nur das GWP 100a aus, sondern zeigen wo relevant auch die Auswirkungen im Zeitraum von 20 Jahren. Diese werden in Anbetracht des Näherrückens von Kippunkten und im Hinblick auf kurzfristige Klimaneutralität immer wichtiger.

In der Regel berücksichtigen wir in unseren Studie auch den zusätzlichen Effekt durch die Emissionen von Flugzeugen mit dem sogenannten RFI Faktor (Jungbluth & Meili 2019). Dabei verwenden wir einen RFI von 1.7 bzw. 4 für das GWP bei 100a bzw. 20a (Lee et al. 2021).

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

¹ Einige weniger Autoren rechnen auch heute noch nur mit den Kohlendioxid Emissionen ohne Berücksichtigung weiterer Klimagase.

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

GWP 20a	GWP 100a	1 kg CO₂-eq entspricht...
3'316.2	3'839.2	Liter Wasser ab Leitung in der Schweiz
6.9	9.1	Zentimeter Strasse, für ein Jahr genutzt
1.0	1.0	Kilogramm fossiles CO ₂ , direkt emittiert
0.012	0.034	Kilogramm fossiles Methan, direkt emittiert
0.93	1.82	Liter Rohöl gefördert, mit Transport bis zur Raffinerie
2.9%	3.4%	des privaten Tageskonsums einer Person in der Schweiz, 2018
2.8%	3.3%	des Tageskonsums einer Person in der Schweiz
2.0	4.3	km Transport einer Person per Flugzeug
4.3	5.2	km Transport einer Person per Auto (Auslastung 1.6 Personen)
117.7	141.4	km Transport einer Person per Fahrrad
8.9%	11.0%	eines vegetarischen Menüs mit 4 Gängen
4.4%	6.7%	eines fleischhaltigen Menüs mit 3 Gängen
12.3%	19.2%	des täglichen Nahrungsmittelkonsums einer Person in der Schweiz, 2018
26.1	26.1	Plastiktragtaschen (Produktion, Vertrieb und Entsorgung)
0.112	0.112	T-Shirts aus Baumwolle
0.52%	0.52%	der Produktion eines Laptops
42%	55%	des täglichen Konsums für Hobbies/Freizeitaktivitäten in der Schweiz, 2018
79%	101%	des täglichen Konsums für Möbeln und Haushaltsgeräten in der Schweiz, 2018

5 Beschreibung der untersuchten Szenarien

Die Szenarien wurden zusammengestellt in Absprache mit der Kontaktperson beim Auftraggeber.

5.1 Generelle Annahmen

- Länge der Reise: Tagesausflug inklusive Fahrzeit
- Zieldestination: Skigebiet Flumserberg
- Gruppengrösse: 1 Person
- Aktivität vor Ort: 11 Skifahrten pro Tag
- Übernachtung: keine
- Essen: Nicht berücksichtigt.

5.2 Szenarien

Spezifische Annahmen für die einzelnen Szenarien werden in Tab. 5.1 gezeigt.

Tab. 5.1 Untersuchte Reiseszenarien mit Annahmen für Anreise (Rückreise identisch) und Aktivitäten vor Ort.

Beschreibung	Reise	Distanz (hin und zurück), pro Person
Ab Zürich, per Zug	Zug	180 km
Ab Zürich, per Auto	Auto	180 km
Ab Zürich, per Auto, zu viert	Auto	45 km
Ab London, per Flugzeug und Auto	Taxi, Flugzeug	1600 km Flugzeug, 240 km Auto

6 Ergebnisse

Für die Szenarien aus Kapitel 3 wurde das Klimaänderungspotenzial gemäss Tab. 6.1 berechnet.

Tab. 6.1 Obere Hälfte: Klimaänderungspotenzial für die verschiedenen Szenarien, Skitag in den Flumserbergen in kg CO₂-Äquivalenten gemäss IPCC 2021, 100a und Jungbluth & Meili 2019. Untere Hälfte: Relative Anteile von Anreise und Aktivitäten am Klimaänderungspotenzial für die verschiedenen Szenarien, sowie Gesamtbelastung im Vergleich zu Anreise per Zug (Lesebeispiel: Anreise alleine im Auto führt zu einem 10-fach höheren Klimaänderungspotenzial für den Tagesausflug ins Skigebiet, wie die selbe Aktivität mit Anreise per Zug).

	Einheit	Ab Zürich, Zug	Ab Zürich, Auto	Ab Zürich, 4 Personen im Auto	Ab London, Flug und Taxi
Reise	kg CO ₂ eq/Person	1.4	60.0	15.0	546.0
Aktivitäten & Ausrüstung	kg CO ₂ eq/Person	5.1	5.1	5.1	5.1
Total	kg CO₂eq/Person	6.5	65.1	20.1	551.2
Reise	%	21%	92%	75%	99%
Aktivitäten & Ausrüstung	%	79%	8%	25%	1%
Total	%	100%	100%	100%	100%
Gesamtbelastung im Vergleich zu Anreise per Zug	-	1.0	10.0	3.1	84.6

7 Quellenangaben

- BAFU 2021 BAFU (2021) Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit: Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern, retrieved from: <https://www.bafu.admin.ch/uw-2121-d>.
- 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 2024 ESU-services (2024) The ESU background database based on UVEK-LCI DQRv2:2018. ESU-services Ltd., Schaffhausen, retrieved from: <https://www.esu-services.ch/data/database/>.
- 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: <https://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: <https://www.bafu.admin.ch/uw-1330-d>.
- International Organization for Standardization (ISO) 2006 International Organization for Standardization (ISO) (2006) Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. ISO 14044:2006; Amd: 2017; Amd 2: 2020, Geneva.
- IPCC 2021 IPCC (2021) Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA, retrieved from: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>.
- 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>.
- KBOB et al. 2022 KBOB, eco-bau and IPB (2022) Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2022 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/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html und <https://www.ecobau.ch>
- Keller et al. 2014 Keller R., Jungbluth N. and König A. (2014) Treibhausgasbilanz verschiedener Reiseszenarien. ESU-services Ltd. im Auftrag von Kassensturz, Zürich, retrieved from: <https://esu-services.ch/de/projekte/tourism/>.
- Lee et al. 2021 Lee D. S., Fahey D. W., Skowron A., Allen M. R., Burkhardt U., Chen Q., Doherty S. J., Freeman S., Forster P. M., Fuglestvedt J., Gettelman A., De León R. R., Lim L. L., Lund M. T., Millar R. J., Owen B., Penner J. E., Pitari G., Prather M. J., Sausen R. and Wilcox L. J. (2021) The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. *In: Atmospheric Environment*, **244**, pp. 117834,

<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117834>, retrieved from:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231020305689>.

Müller-Wenk 1978 Müller-Wenk R. (1978) Die ökologische Buchhaltung: Ein Informations- und Steuerungsinstrument für umweltkonforme Unternehmenspolitik. Campus Verlag Frankfurt.

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:

<https://www.admin.ch/ch/d/sr/6/641.611.21.de.pdf>.