

Ökoprofil für Zürcher Quellwasser in Flaschen

Kurzbericht



Niels Jungbluth, Regula Keller, Simon Eggenberger, ESU-services GmbH, Zürich

im Auftrag von Dr. Urs Grütter, Max Ditting AG, Zürich

Zürich, 18. April 2016

ESU-services GmbH
Niels Jungbluth · Dr. sc. techn. · dipl. Ing. TU
Margrit-Rainer-Strasse 11c CH-8050 Zürich ·
T +41 44 940 61 32 · F +41 44 940 67 94

www.esu-services.ch
jungbluth@esu-services.ch

Impressum	
Titel	Ökoprofil für Zürcher Quellwasser in Flaschen
Autoren	Niels Jungbluth, Regula Keller, Simon Eggenberger ESU-services Ltd. Margrit-Rainer-Strasse 11c, CH-8050 Zürich Tel. 0041 44 940 61 32, Fax +41 44 940 67 94 jungbluth@esu-services.ch www.esu-services.ch
Auftraggeber	Max Ditting AG Dr. Urs Grütter Rennweg 35 8001 Zürich / Switzerland Tel.: +41 44 219 60 70 ug@ditting.ch www.ditting.ch www.lokaleswasser.ch
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. 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. 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	jungbluth-2016-PEF-Quellwasser-ZH-v4.0.docx, 18.04.2016 15:32:00

Inhalt

1	AUSGANGSLAGE UND HINTERGRUND	1
1.1	Steigender Mineralwasserkonsum	1
1.2	Quellwasser in der Stadt Zürich	1
1.3	Aufgabenstellung	2
2	ZIELDEFINITION UND SYSTEMGRENZEN	2
3	SACHBILANZ	3
3.1	Hintergrunddaten	3
3.2	Quellwasserfassung und Verteilung	3
3.3	Produktion und Verpackung der Wasserflaschen	3
3.4	Abfüllung und Karbonisierung	3
3.5	Reinigung der Wasserflaschen	4
3.6	Logistik	4
3.7	Zusammenstellung der Szenarien	4
4	DATENAUSWERTUNG	5
4.1	Vergleich der Varianten	6
4.2	Reduktion von Umweltbelastungen	7
4.3	Absolute Reduktion der Umweltbelastungen	9
4.4	Gesamteinsparpotenzial durch die Abfüllanlage	10
5	DISKUSSION	10
6	HINWEIS BEZÜGLICH ISO-KONFORMITÄT DER STUDIE	10
7	LITERATUR	11
8	ANHANG BEWERTUNGSMETHODEN IN ÖKOBILANZEN	13
8.1	Primärenergiefaktoren	13
8.2	Klimaänderungspotential	14
8.3	Methode der ökologischen Knappheit	15

Abkürzungen

CH	Schweiz
dl	Deziliter (100 Mililiter, 0.1 Liter)
eq	Äquivalente
EW	Einweg
ESU	Energie-Stoffe-Umwelt
g	Gramm
IMP	Importiert
l	Liter
MiW	Mineralwasser
MJ	Megajoule
MW	Mehrweg
PET	Polyethylenterephthalat
QuW	Quellwasser
RER	Europa
UBP	Umweltbelastungspunkte
ZH	Zürich

1 Ausgangslage und Hintergrund

1.1 Steigender Mineralwasserkonsum

Fig. 1.1 zeigt den Pro-Kopf Verbrauch von Mineralwasser in der Schweiz aufgeteilt nach importiertem und in der Schweiz produziertem Mineralwasser. Der Gesamtverbrauch ist bis zum Jahre 2003 kontinuierlich gestiegen und blieb bis zum Jahre 2007 konstant bei mehr als 120 Litern pro Jahr. Im Jahre 2015 lag der Konsum bei 115 Litern pro Jahr und Kopf. Importe haben sich seit Mitte der Neunziger Jahre mehr als verdreifacht und machen heute etwa 41% des Mineralwasserverbrauchs aus. In einer früheren Studie wurde gezeigt, dass importiertes Mineralwasser im Vergleich zu Hahnenwasser aus der Schweiz sehr hohe Umweltbelastungen verursacht (Jungbluth et al. 2015). Deshalb ist es sinnvoll Alternativen zum importierten Mineralwasser auf den Markt zu bringen.

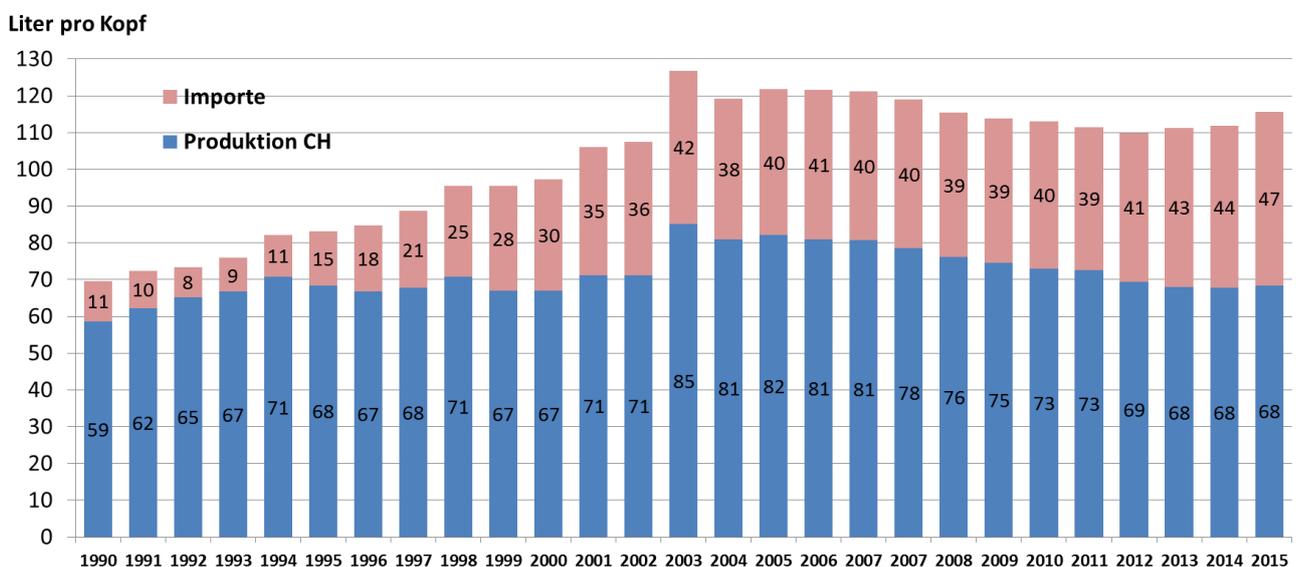


Fig. 1.1 Pro Kopf Verbrauch von Mineralwasser in der Schweiz aufgeteilt nach importiertem und in der Schweiz produziertem Mineralwasser¹

1.2 Quellwasser in der Stadt Zürich

Die Max Ditting AG hat auf der Liegenschaft am Rennweg 35 in Zürich ein altes Wasserrecht auf 5.5 Mio. Liter Quellwasser² pro Jahr, die mit einer separaten Leitung (Albisriederleitung) aus dem Gebiet des Uetlibergs herbeigeführt wird. Dieses Recht kann historisch auf das 16. Jahrhundert zurückgeführt werden. Wasseranalysen haben eine einwandfreie Qualität des Quellwassers nachgewiesen. Abklärungen bei Restaurants und Händlern im Food-Bereich haben gezeigt, dass die Idee eines verpackten, lokalen Quellwassers interessant ist.

Im Hof des Rennweges 35 gibt es ein kleines Gebäude (20m²), das die Hausnummer Rennweg 37 trägt. In diesem Gebäude entsteht zur Zeit eine kleinindustrielle Wasserabfüllerei die Ende April 2016 die Produktion aufnehmen wird. Eine Abfüllanlage wurde gekauft. Die Fragen des Umbaus,

¹ Angaben auf www.mineralwasser.ch, (April 2016). Hinweis: Seit 2007 ist aromatisiertes Mineralwasser den Erfrischungsgetränken zugeordnet

² <https://www.stadt-zuerich.ch/dib/de/index/wasserversorgung/wasserverteilung/wasserwerke/stadtquellen.html#>, <http://www.nzz.ch/aktuell/startseite/article7PPIQ-1.485610>

der Klimatechnik, der Logistik und der Hygiene sind alle abgeklärt und mit den Ämtern vorbesprochen. Die notwendigen Umbauten wurden durchgeführt.

Das Quellwasser wird im Rennweg in Flaschen (Glas und PET) abgefüllt werden. Dann wird es von der Firma InterComestibles³ an Restaurants, Büros und private Abnehmer im Raum Zürich vertrieben werden. Dazu wird es nach dem Abfüllen in ein Zentrallager gebracht und mit anderen Bestellungen zusammen ausgeliefert. Die Glas-Mehrwegflaschen werden vom Zentrallager nach Wettswil am Albis gebracht und dort gereinigt. Danach werden sie zum Abfüllen direkt zum Rennweg gebracht.

Die Markteinführung unter dem Namen „Lokales Wasser 37 – Seit 1559“ findet im April 2016 statt. Der Name nimmt auf die Hausnummer der Abfüllanlage Bezug.

Falls das Projekt erfolgreich ist, kann die Abfüllung aus logistischen Gründen später an einen anderen Ort entlang der Albisriederleitung, die das Quellwasser aus der Uetlibergregion in die Stadt an den Rennweg führt, verlagert werden. Eine solche zweite Stufe ist nicht Teil des hier vorliegenden Berichtes.

1.3 Aufgabenstellung

Der Import von Mineralwasser geht mit erheblichen Umweltbelastungen durch die notwendigen Transporte einher. Der Auftraggeber sieht ein entsprechendes Potenzial, das lokale Wasser als umweltfreundliche Alternative anzubieten. In diesem Bericht werden die wesentlichen Ergebnisse einer ersten Analyse des in Flaschen abgefüllten Quellwassers aus Umweltsicht zusammengefasst und mit den Umweltbelastungen von Mineralwasser verglichen.

2 Zieldefinition und Systemgrenzen

Die Studie ist an eine kürzlich veröffentlichte Ökobilanz-Studie zu Getränken angelehnt (Jungbluth & König 2014). Im Allgemeinen werden ähnliche Systemgrenzen verwendet. Die hierbei verwendete Ökobilanz-Methodik wird auf einer Webseite⁴ im Detail erläutert.

Bilanziert wird 1 Liter ungekühltes Wasser, welches an den Endabnehmer (Restaurant, Büros, Private, etc.) geliefert wurde. Kühlung und Ausschank werden nicht berücksichtigt. Sie müssen für eine vollständige Bilanz des vom Gast getrunkenen Wassers zusätzlich berücksichtigt werden.

Zunächst wird eine vereinfachte Bilanz für die Abfüllung im Rennweg erstellt. Zu einem späteren Zeitpunkt ist geplant, die Abfüllung industriell entlang der Albisriederleitung vom Uetliberg zum Rennweg durchzuführen. Dann muss diese Bilanz aufdatiert und erweitert werden. Aufgrund des etwas vereinfachten Vorgehens sprechen wir hier von einem Ökopprofil.

Es wird in erster Linie ein Vergleich zwischen importiertem Mineralwasser und dem von der Firma Max Ditting AG im Raum Zürich vertriebenen Quellwasser durchgeführt. Dabei werden die Umweltbelastungen verschiedener Szenarien berechnet. Es wird aufgezeigt, um wie viel die Umweltbelastung gegenüber importiertem Mineralwasser reduziert werden kann. Ausserdem wird ein Vergleich mit zwei Szenarien für Schweizer Mineralwasser durchgeführt.

³ <http://www.intercomestibles.ch/>

⁴ <http://www.esu-services.ch/de/dienstleistungen/case-studies/>

3 Sachbilanz

Für die Sachbilanz werden die notwendigen Daten vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Wenn keine spezifischen Daten verfügbar sind, wird mit den bei ESU-services für die Zürcher Trinkwasserversorgung und Mineralwasserproduktion verfügbaren Daten gerechnet.

3.1 Hintergrunddaten

Für die Abwasserentsorgung, Verpackungsmaterialien, Transporte und Hintergrundprozesse werden aktuelle Daten aus der Datenbank ecoinvent v2.2 und öffentlich verfügbare Aufdatierungen herangezogen (ecoinvent Centre 2010; ESU 2016; LC-inventories 2016).

ESU-services verfügt über langjährige Erfahrung in der Ökobilanzierung von Trink- und Mineralwasser (Jungbluth & Faist Emmenegger 2005; Jungbluth 2006; Jungbluth & König 2014; Jungbluth et al. 2015). In der Datenbank von ESU-services gibt es ferner Daten zu Flaschen, Lagerung, Kühlung, Distribution und Transporten (Jungbluth et al. 2016).

3.2 Quellwasserfassung und Verteilung

Der Lieferung des Quellwassers durch die Albisriederleitung werden die Daten für die Zürcher Trinkwasserversorgung zu Grunde gelegt (Jungbluth & König 2014). Auf eine genaue Erhebung zur Quellwasserlieferung in Zürich wurde verzichtet. Es wird angenommen, dass die Belastungen in diesem Ökoprofil damit eher etwas überschätzt werden, da in der Bilanz der Trinkwasserversorgung auch Pumpen und Aufbereitung enthalten sind, die beim Quellwasser entfallen.

3.3 Produktion und Verpackung der Wasserflaschen

Es werden vier Varianten von Flaschen untersucht:

- PET 0.5l Einweg (EW)
- PET 1.5l EW
- Glas 0.5 l Mehrweg (MW), 365 Gramm
- Glas 1.0 l EW (Zusatzszenario für importiertes Mineralwasser)

Die 0.5 Liter Mehrweg-Glasflaschen können gemäss den Angaben des Herstellers bis zu 40 Mal gereinigt werden. Für diese Studie wird davon ausgegangen, dass 30 Umläufe erreicht werden. Für importiertes Mineralwasser wird zusätzlich angenommen, dass dieses auch in 1.0 Liter Glaseinwegflaschen geliefert werden kann.

Zusätzlich zu den bereits erhobenen Daten werden hier auch Angaben für PET-Flaschen und Reinigung von Mehrwegflaschen aus einer aktuellen Studie berücksichtigt (Dinkel & Kägi 2014).

Für die Verpackung der Wasserflaschen bei der ersten Anlieferung wurden vom Auftraggeber Daten zur Menge an Plastikfolie und Karton pro EUR-Palette bereitgestellt.

Die Glas-Mehrwegflaschen werden in wiederverwendbaren Plastikkisten a 20 Flaschen ausgeliefert. PET-Flaschen werden in Folie verschweisst und dann auf Paletten gestapelt. Die 5 dl Pet ist in 12er Pakete verschweisst und 1,5 Liter in 6er Pakete. Die entsprechenden Mengen an Materialien wurden mit Literaturdaten abgeschätzt. Das Gesamtgewicht der ausgelieferten Paletten wurde vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

3.4 Abfüllung und Karbonisierung

Für die Abfüllung wurden Angaben zum voraussichtlichen Strom, Wasser- und Pressluftverbrauch der Anlage zur Verfügung gestellt. Für die Karbonisierung wurde die Menge CO₂ pro Liter vom

Kunden angegeben (4-6 g/l CO₂-Gehalt im Wasser, Verbrauch dafür bei der Karbonisierung 13 g/l). Die Abfüllanlage wiegt etwa 3100 kg.

3.5 Reinigung der Wasserflaschen

Die Mehrwegflaschen werden von InterComestibles direkt zur Reinigungsanlage in Wettswil gebracht. Der Aufwand der Reinigung wird mit Literaturdaten abgeschätzt (Dinkel & Kägi 2014). Für importierte Mineralwasserflaschen werden die gleichen Annahmen zu Grunde gelegt.

3.6 Logistik

Zum Transport der Flaschen werden von der Firma InterComestibles unterschiedliche Lkw eingesetzt die zu verschiedenen Euro-Klassen gehören. Hier wird mit durchschnittlichen Schweizer Daten für Lkw gerechnet. Die durchschnittliche Entfernung vom Zentrallager zum Endabnehmer wurde von der Firma InterComestibles abgeschätzt. Zur Logistik im Grossraum Zürich wurden vom Auftraggeber die Koordinaten für die Berechnung der in Tab. 3.1 gezeigten Distanzen zur Verfügung gestellt:

- Zentrallager: InterComestibles 87 AG, Binzstrasse 23, 8045 Zürich
- Reinigungsanlage: Vetrum AG, Friedgrabenstr. 15, 8907 Wettswil.
- Abfüllung: Rennweg 37, 8001 Zürich
- Hersteller PET Flaschen: RESILUX Schweiz AG, Industrie Ost, 8865 Bilten
- Hersteller Glasmehrwegflaschen: Vetropack AG, Schützenmattstrasse 48, 8180 Bülach

Tab. 3.1 Tabelle der Strassendistanzen zwischen verschiedenen Stationen für den Verkauf von Quellwasser (<http://maps.google.ch>)

km	Abfüllung	Reinigung	Lager	Endabnehmer
Abfüllung	0		3.7	-
Reinigung	11.5	0	10	-
Lager	3.7	10	0	6.5
PET Flaschen Hersteller	55.7			
Hersteller Glasflaschen	21.6			

3.7 Zusammenstellung der Szenarien

Tab. 3.2 und Tab. 3.3 zeigen alle in dieser Studie untersuchten Szenarien. Es werden jeweils sechs Szenarien für Quellwasser und importiertes Mineralwasser sowie zwei Szenarien mit Schweizer Mineralwasser bilanziert. Dabei werden verschiedene Typen von Flaschen unterschieden. Jede Variante wird einmal mit stillem und einmal mit sprudelndem Wasser bilanziert. Zusätzlich wird für importiertes Mineralwasser noch ein Szenario mit 1.0 Liter Glas-Einwegflaschen statt Mehrwegflaschen angenommen gerechnet.

Für das importierte Mineralwasser wird ein Mix verschiedener Herkunftsländer gemäss einer früheren Studie angenommen (Jungbluth & König 2014). Gezeigt wird die Distanz von der Abfüllung bis zum Zentrallager in Zürich mit Lkw, Bahn und Schiff.

Der Transport zur und von der Reinigungsanlage für Glasflaschen und die Lieferung der PET-Flaschen wird zusätzlich mit eingerechnet. Die Lieferung der Glasflasche ist direkt bei der Bilanz der Flasche eingerechnet. Bei den Szenarien für Mineralwasser wird mit den gleichen Angaben hierzu gerechnet, da genauere Zahlen nicht zur Verfügung standen. Auch die Anlieferung vom Zentrallager zum Endkunden wird bei allen Szenarien gleich angenommen.

Für die Berechnung der Distanzen wird bei den Lkw ein Faktor für volle Fahrten (Hinweg) und leere Fahrten (Rückweg mit Leergut) eingerechnet, der die etwas unterschiedlichen Treibstoffverbräuche berücksichtigt. Bei Mehrweg-Flaschen verdoppelt sich die Distanz für Lkw, Bahn und Schiffstransport.

Tab. 3.2 Szenarien zur Untersuchung von Quellwasser (QuW) aus Zürich (ZH) in dieser Studie. Bilanz pro Liter an Endabnehmer geliefertes Wasser

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4	Szenario 5	Szenario 6
	QuW, Glas-MW 0.5l, still, ZH	QuW, Glas-MW 0.5l, sprudelnd, ZH	QuW, PET 0.5l, still, ZH	QuW, PET 0.5l, sprudelnd, ZH	QuW, PET 1.5l, still, ZH	QuW, PET 1.5l, sprudelnd, ZH
Produktion	ZH	ZH	ZH	ZH	ZH	ZH
Transport Lkw [km]	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
Transport Bahn [km]	0	0	0	0	0	0
Transport Schiff [km]	0	0	0	0	0	0
Anlieferung [km]	13.0	13.0	7.2	7.2	7.2	7.2
Kohlensäure	still	sprudelnd	still	sprudelnd	still	sprudelnd
Verpackung	Glas-MW500	Glas-MW500	PET-EW500	PET-EW500	PET-EW1500	PET-EW1500

Tab. 3.3 Szenarien zur Untersuchung von importiertem und Schweizer Mineralwasser (MiW) in dieser Studie. Bilanz pro Liter an Endabnehmer geliefertes Wasser

	Szenario 7	Szenario 8	Szenario 9	Szenario 10	Szenario 11	Szenario 12	Szenario 13	Szenario 14	Szenario 15	Szenario 16
	MiW, Glas-MW 0.5l, still, IMP	MiW, Glas-MW 0.5l, sprudelnd, IMP	MiW, PET 0.5l, still, IMP	MiW, PET 0.5l, sprudelnd, IMP	MiW, PET 1.5l, still, IMP	MiW, PET 1.5l, sprudelnd, IMP	MiW, Glas-MW 0.5l, still, CH	MiW, PET 1.5l, still, CH	MiW, Glas-EW 1.0l, still, IMP	MiW, Glas-EW 1.0l, sprudelnd, IMP
Produktion	Import	Import	Import	Import	Import	Import	CH	CH	Import	Import
Transport Lkw [km]	1259	1259	700	700	700	700	262	146	700	700
Transport Bahn [km]	103	103	52	52	52	52	42	42	52	52
Transport Schiff [km]	576	576	288	288	288	288	0	0	288	288
Anlieferung [km]	13.0	13.0	7.2	7.2	7.2	7.2	13.0	7.2	7.2	7.2
Kohlensäure	still	sprudelnd	still	sprudelnd	still	sprudelnd	still	still	still	sprudelnd
Verpackung	Glas-MW500	Glas-MW500	PET-EW500	PET-EW500	PET-EW1500	PET-EW1500	Glas-MW500	PET-EW1500	Glas-EW1000	Glas-EW1000

4 Datenauswertung

Die Sachbilanzdaten werden mit einer kommerziellen Ökobilanzsoftware (SimaPro) bearbeitet und ausgewertet (PRé Consultants 2016). Die bewerteten Ergebnisse werden auf Grundlage der erhobenen Informationen berechnet und grafisch ausgewertet. Zur Bewertung der kumulierten Sachbilanzdaten werden folgende Methoden verwendet:

- Der **kumulierte Energieaufwand** (MJ-eq) beschreibt alle Primärenergieverbräuche untergliedert in erneuerbare und nicht-erneuerbare Ressourcen (Hischier et al. 2010). Der nicht erneuerbare kumulierte Energieaufwand bewertet sowohl nukleare wie auch fossile Energieträger, der erneuerbare Energieaufwand bezieht beispielsweise auch Wasserkraft und Photovoltaikstrom mit ein. Die Resultate werden umgerechnet in **Deziliter Erdöläquivalente**.
- Bewertung mit der **Methode der ökologischen Knappheit** 2013 (Frischknecht et al. 2013). Diese Methode wird in der Schweiz von vielen Unternehmen verwendet, um verschiedene Arten von Umweltbelastungen zu einem Punktwert zusammenzufassen.
- Global Warming Potential (GWP), welches auch **Carbon Footprint** genannt wird (IPCC 2013, 100 Jahre Bewertungshorizont). Diese Methode beschreibt den potentiellen Beitrag zum Problem des Klimawandels welcher im Moment aus globaler Sicht das wichtigste Umweltproblem ist.

4.1 Vergleich der Varianten

In Fig. 4.1 werden die absoluten Werte für den Vergleich der verschiedenen Varianten gezeigt. Glas-Mehrwegflaschen schneiden beim Quellwasser am besten ab. Beim importierten Mineralwasser fallen die Ergebnisse für EW- und MW-Glasflaschen etwa gleich aus. Dabei sind die Einwegflaschen in der Herstellung deutlich aufwändiger, auf der anderen Seite müssen die Mehrwegflaschen wieder weit zurück transportiert werden. Grosse PET Flaschen verwenden weniger Verpackungsmaterial pro Liter und schneiden deshalb besser ab als die Halbliter-Flaschen. Durchschnittliches Schweizer Mineralwasser schneidet erwartungsgemäss besser ab als importiertes Mineralwasser und schlechter als das in Flaschen abgefüllte Quellwasser.

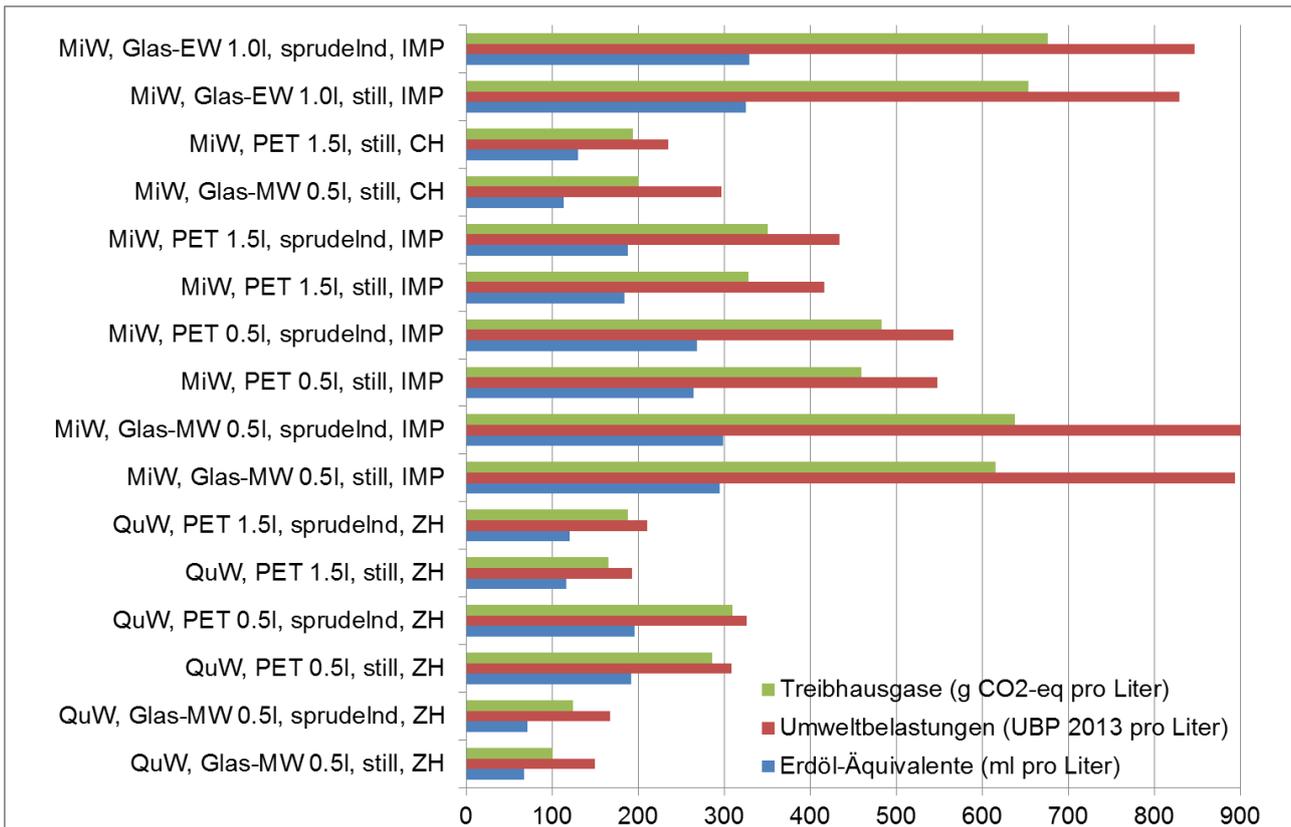


Fig. 4.1 Vergleich der Umweltbelastungen, Treibhausgasemissionen und Energieverbräuche für Quellwasser (QuW), Schweizer (CH) und importierte (IMP) Mineralwasser (MiW) bei den Endabnehmern

4.2 Reduktion von Umweltbelastungen

In Fig. 4.2 wird die relative Reduktion der Kennwerte durch Quellwasser im Vergleich zu importiertem Mineralwasser gezeigt (still resp. sprudelnd, verschiedene Flaschen). Die relativ höchste Reduktion wird durch Glas-Mehrwegflaschen im Vergleich zu importierten Glas-Einwegflaschen erreicht. Insgesamt ist die Reduktion bei einer Bewertung von Gesamtbelastungen und Treibhausgasemissionen für PET-Flaschen höher als wenn nur der Primärenergiebedarf analysiert wird.

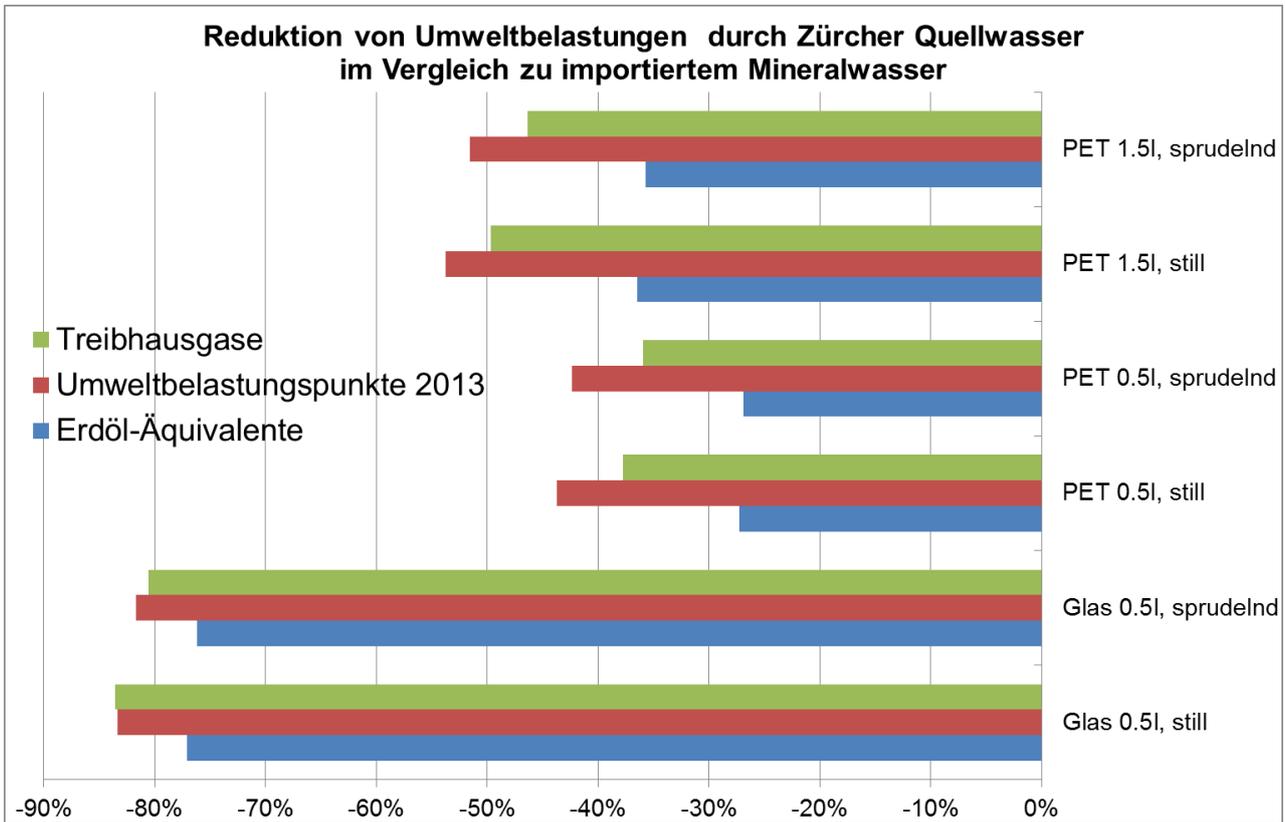


Fig. 4.2 Relative Reduktion der Umweltbelastungen, Treibhausgasemissionen und Energieverbräuche für Quellwasser im Vergleich zur entsprechenden Variante für importiertes Mineralwasser

Einige weitere Vergleiche werden in Fig. 4.3 durchgeführt. Im oberen Teil der Grafik werden die beste Variante für Quellwasser (Glas-Mehrwegflasche) mit der besten Varianten für importiertes Mineralwasser (PET 1.5l) verglichen. Die Einsparungen sind dann etwas geringer als wenn die Glasflasche einer (importierten) Glasflasche gegenüber gestellt wird. Aber auch in diesem Fall gibt es auf jeden Fall noch eine Reduktion von Umweltbelastungen.

In der Mitte werden die Belastungen von importiertem Mineralwasser in Einweg-Glasflaschen (1.0l) denen von Quellwasser in Mehrwegglasflaschen gegenüber gestellt. Hier sind die Reduktionen besonders hoch.

Im unteren Teil werden die Belastungen von Quellwasser mit denen von Schweizer Mineralwasser verglichen. Die Einsparungen sind hierbei etwas geringer als im Vergleich zu importiertem Mineralwasser, aber auch hier werden noch 15% bis 40% der Umweltbelastungen eingespart.

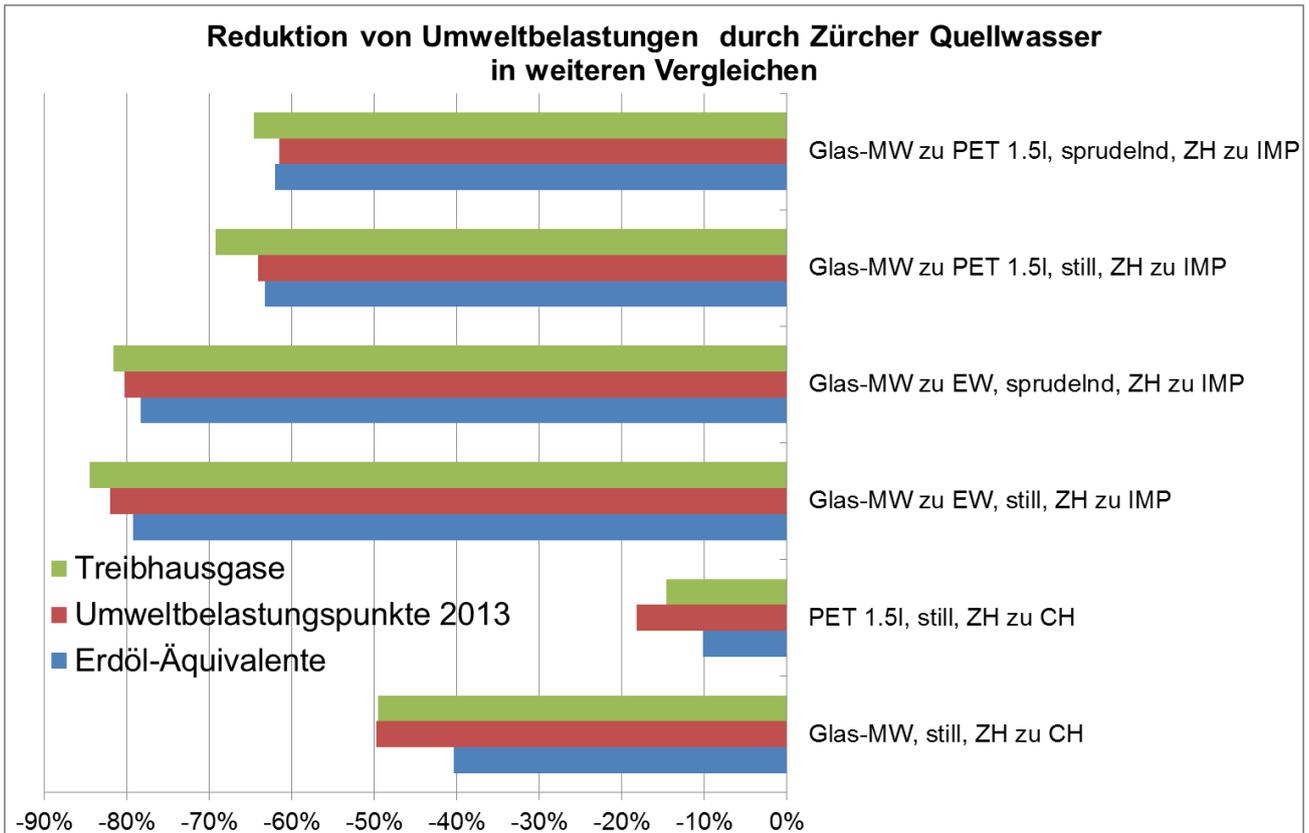


Fig. 4.3 Relative Reduktion der Umweltbelastungen, Treibhausgasemissionen und Energieverbräuche für Quellwasser im Vergleich zur weiteren Varianten für Mineralwasser

4.3 Absolute Reduktion der Umweltbelastungen

Fig. 4.4 zeigt die absolute Reduktion der Kennwerte für Umweltbelastungen durch Quellwasser im Vergleich zu importiertem Mineralwasser. Die höchsten absoluten Einsparungen pro Liter werden wegen der geringeren Transportdistanz beim Quellwasser und dem hohen Transportgewicht bei den Glasflaschen erreicht. Pro PET-Flasche Quellwasser werden etwa 170 Gramm Treibhausgase gegenüber importiertem Wasser eingespart. Bei den Glasflaschen sind es sogar 510 Gramm Treibhausgasemissionen.

Lesebeispiel 1: Wenn Sie in der Stadt Zürich eine Flasche Lokales Wasser 37 (500 ml Glasflasche) trinken statt einer entsprechenden Flasche mit importiertem Mineralwasser, sparen Sie etwa 1.1 Deziliter Erdöl-Äquivalente ein.

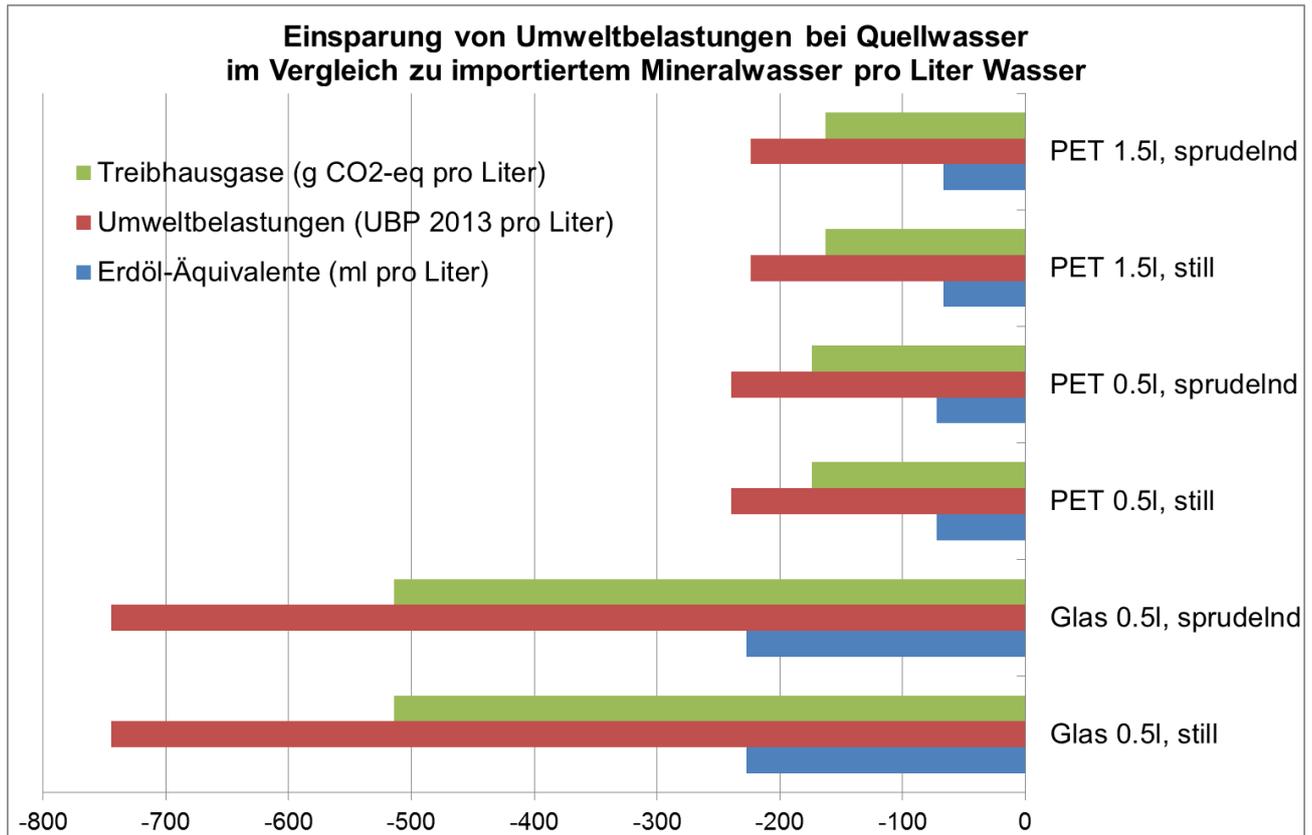


Fig. 4.4 Absolute Reduktion der Umweltbelastungen, Treibhausgasemissionen und Energieverbräuche für Quellwasser im Vergleich zur Variante für importiertes Mineralwasser

4.4 Gesamteinsparpotenzial durch die Abfüllanlage

Die Umweltbelastungen, die sich mit der ersten Lieferung an Flaschen einsparen lassen unter der Annahme, dass damit importiertes Mineralwasser ersetzt wird, sind in Tab. 4.1 dargestellt. Insgesamt können mit der ersten Lieferung an PET-Flaschen und bei der vorgesehenen Nutzung der Glasflaschen etwa 140 Tonnen Treibhausgase, 61'000 Liter Erdöl-Äquivalente oder 200 Mio. Umweltbelastungspunkte eingespart werden. Dies entspricht etwa den Umweltbelastungen, die 10 Personen in der Schweiz in einem ganzen Jahr verursachen (Jungbluth et al. 2012).

Lesebeispiel 2: Bei einer durchschnittlichen Abfüllung von 5000 Glasmehrwegflaschen pro Tag a 500 ml mit Lokalem Wasser 37 werden gegenüber dem Konsum von importiertem Mineralwasser etwa 568 Liter Erdöläquivalente eingespart.

Tab. 4.1 Gesamteinsparung von Umweltbelastungen durch die Substitution von importiertem Mineralwasser mit Zürcher Quellwasser

	Glas 0.5l, still	PET 0.5l, still	PET 1.5l, still	Total
Gekaufte Paletten	12	13	3	
Flaschen pro Palette	1470	2052	780	
Umläufe	30	1	1	
Liter	0.5	0.5	1.5	
Total Liter	264'600	13'338	3'510	281'448
	Glas 0.5l, still	PET 0.5l, still	PET 1.5l, still	Total
Erdöl-Äquivalente (Liter)	-60'156	-961	-235	-61'352
Umweltbelastungspunkte 2013	-196'904'000	-3'198'322	-784'730	-200'887'053
Treibhausgase (kg CO ₂ -eq)	-136'097	-2'317	-571	-138'986

5 Diskussion

In dieser Studie wurde der Lebensweg von Quellwasser in Flaschen analysiert. Ausserdem wird ein Vergleich des in Flaschen abgefüllten Quellwassers mit ausländischem Mineralwasser durchgeführt. Es wird deutlich, dass die Umweltbelastungen von in Flaschen abgefülltem Quellwasser deutlich geringer sind als die von importiertem Mineralwasser. Dies gilt nur, wenn die Distanzen zwischen Abfüllung, Reinigung, Lagerung und Endverbraucher so kurz sind wie in diesem Beispiel. Gegenüber Schweizer Mineralwasser sind die Einsparungen geringer und hängen vor allem von der tatsächlichen Logistik der Distribution ab. Die Bilanz von Mehrwegglasflaschen hängt auch entscheidend von der tatsächlichen Umlaufzahl ab. Mit der am Rennweg entstandenen Abfüllanlage können die Umweltbelastungen von Wasser für Restaurants, Büros und private Abnehmer gegenüber importiertem Mineralwasser deutlich gesenkt werden.

6 Hinweis bezüglich ISO-Konformität der Studie

Diese Studie wurde, soweit möglich, in Anlehnung an die ISO-Normen 14040ff für die Erstellung von Ökobilanzen erstellt. Bei dieser Ökobilanz handelt es sich um eine vergleichende Studie, die in der Öffentlichkeit publiziert wird. Wir weisen darauf hin, dass die Studie die Vorgaben der ISO-Normen 14040ff für Ökobilanzen nur dann erfüllen kann, wenn ein externes kritisches Review der Gesamtstudie durchgeführt wird (International Organization for Standardization (ISO) 2006). Auf ein kritisches Review wurde in Absprache mit dem Auftraggeber verzichtet. Um Missverständnisse auszuschliessen, wird die Studie deshalb als Ökopprofil bezeichnet.

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.
- Dinkel & Kägi 2014 Dinkel F. and Kägi T. (2014) Ökobilanz für Getränkeverpackungen. BAFU, Bern, retrieved from: www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/36446.pdf.
- ecoinvent Centre 2010 ecoinvent Centre (2010) ecoinvent data v2.2, ecoinvent reports No. 1-25. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Duebendorf, Switzerland, retrieved from: www.ecoinvent.org.
- ESU 2016 ESU (2016) The ESU database 2016. ESU-services Ltd., retrieved from: www.esu-services.ch/data/database/.
- Frischknecht et al. 2007 Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.-J., Bauer C., Doka G., Dones R., Hellweg S., Hirschler R., Humbert S., Margni M. and Nemecek T. (2007) Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. ecoinvent report No. 3, v2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.esu-services.ch/data/ecoinvent/.
- 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.
- Hirschler et al. 2010 Hirschler R., Weidema B., Althaus H., Bauer C., Frischknecht R., Doka G., Dones R., Hellweg S., Humbert S., Jungbluth N., Köllner T., Loerincck Y., Margni M. and Nemecek T. (2010) Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. ecoinvent report No. 3, v2.2. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.org.
- International Organization for Standardization (ISO) 2006 International Organization for Standardization (ISO) (2006) Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. ISO 14040:2006; Second Edition 2006-06, Geneva.
- IPCC 2013 IPCC (2013) Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jungbluth & Faist Emmenegger 2005 Jungbluth N. and Faist Emmenegger M. (2005) Ökobilanz Trinkwasser - Mineralwasser. ESU-services GmbH im Auftrag des Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW.
- Jungbluth 2006 Jungbluth N. (2006) Vergleich der Umweltbelastungen von Hahnenwasser und Mineralwasser. In: *Gas, Wasser, Abwasser*, **2006**(3), pp. 215-219, retrieved from: www.esu-services.ch.
- Jungbluth et al. 2011a Jungbluth N., Büsser S., Frischknecht R., Leuenberger M. and Stucki M. (2011a) Feasibility study for environmental product information based on life cycle approaches. ESU-services GmbH, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Uster, CH, retrieved from: www.esu-services.ch/publications/methodology/.

- Jungbluth et al. 2011b Jungbluth N., Nathani C., Stucki M. and Leuenberger M. (2011b) Environmental impacts of Swiss consumption and production: a combination of input-output analysis with life cycle assessment. Environmental studies no. 1111. ESU-services Ltd. & Rütter+Partner, commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, CH, retrieved from: www.esu-services.ch/projects/iaa/ or www.umwelt-schweiz.ch.
- Jungbluth et al. 2012 Jungbluth N., Itten R. and Stucki M. (2012) Umweltbelastungen des privaten Konsums und Reduktionspotenziale. ESU-services Ltd. im Auftrag des BAFU, Uster, CH, retrieved from: www.esu-services.ch/projects/lifestyle/.
- Jungbluth 2013 Jungbluth N. (2013) Aviation and Climate Change: Best practice for calculation of the global warming potential, retrieved from: www.esu-services.ch/our-services/pcf/.
- Jungbluth & König 2014 Jungbluth N. and König A. (2014) Ökobilanz Trinkwasser: Analyse und Vergleich mit Mineralwasser sowie anderen Getränken. ESU-services GmbH im Auftrag des Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW, Zürich.
- Jungbluth et al. 2015 Jungbluth N., König A. and Keller R. (2015) Ökobilanz Trinkwasser: Analyse und Vergleich mit Mineralwasser sowie anderen Getränken. In: *Aqua & Gas*, pp., retrieved from: www.aquaetgas.ch/.
- Jungbluth et al. 2016 Jungbluth N., Keller R., Eggenberger S., König A., Doublet G., Flury K., Büsser S., Stucki M., Schori S., Itten R., Leuenberger M. and Steiner R. (2016) Life cycle inventory database on demand: EcoSpold LCI database of ESU-services. ESU-services Ltd., Zürich, CH, retrieved from: www.esu-services.ch/data/data-on-demand/.
- LC-inventories 2016 LC-inventories (2016) Corrections, updates and extensions of ecoinvent data v2.2. BAFU, retrieved from: www.lc-inventories.ch.
- Müller-Wenk 1978 Müller-Wenk R. (1978) Die ökologische Buchhaltung: Ein Informations- und Steuerungsinstrument für umweltkonforme Unternehmenspolitik. Campus Verlag Frankfurt.
- PRé Consultants 2016 PRé Consultants (2016) SimaPro 8.1. PRé Consultants, Amersfoort, NL, retrieved from: www.simapro.ch.
- Solomon et al. 2007 Solomon S., Qin D., Manning M., Alley R. B., Berntsen T., Bindoff N. L., Chen Z., Chidthaisong A., Gregory J. M., Hegerl G. C., Heimann M., Hewitson B., Hoskins B. J., Joos F., Jouzel J., Kattsov V., Lohmann U., Matsuno T., Molina M., Nicholls N., Overpeck J., Raga G., Ramaswamy V., Ren J., Rusticucci M., Somerville R., Stocker T. F., Whetton P., Wood R. A. and Wratt D. (2007) Technical Summary. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

8 Anhang Bewertungsmethoden in Ökobilanzen

Ein wesentlicher Aspekt der Ökobilanz ist die Zusammenfassung unterschiedlicher Umweltbelastungen (wie Treibhauseffekt oder Überdüngung) zu einem Indikator. Hierzu stehen verschiedene Bewertungsmethoden zur Verfügung, die sich hinsichtlich Umfang und Vorgehen bei Charakterisierung⁵ und Gewichtung⁶ unterscheiden.

Tab. 8.1 zeigt eine Gegenüberstellung verschiedener Indikatoren für die Bewertung. Methoden wie der kumulierte Energiebedarf, Water Footprint oder CO₂-Fussabdruck betrachten jeweils nur einen ausgewählten Umweltbereich. Vollaggregierende Methoden wie z.B. die Methode der ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte) fassen hingegen eine Vielzahl unterschiedlicher Umweltbelastungen zu einem Punktwert zusammen (siehe Jungbluth et al. 2011a; Jungbluth et al. 2011b für weitere Erläuterungen).

Tab. 8.1 Gegenüberstellung verschiedener Indikatoren für die Bewertung in einer Ökobilanz

Umweltbelastung	Indikator:	Eine Belastung				Verschiedene Belastungen			Impact 2002+	Eco-indicator 99	ReCiPe 2009
		Energiebedarf	Öko-Rucksack	Water Footprint	CO ₂ -Fussabdruck	Ökologischer Fussabdruck	Umweltbelastungspunkte 2006				
Ressourcen	Energie, nicht erneuerbar	√	√	∅	∅	∅	√	√	√	√	
	Energie, erneuerbar	∅	√	∅	∅	∅	√	∅	∅	∅	
	Erze und Mineralien	∅	√	∅	∅	∅	√	√	√	√	
	Wasser	∅	√	√	∅	∅	√	∅	∅	√	
	Biomasse	∅	√	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	
	Landnutzung	∅	∅	∅	∅	√	√	√	√	√	
	Landumwandlung	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	√	√	
Emissionen	Nur CO ₂	∅	∅	∅	∅	√	∅	∅	∅	∅	
	Treibhausgase inkl. CO ₂	∅	∅	∅	√	∅	√	√	√	√	
	Ozonabbau	∅	∅	∅	∅	∅	√	√	√	√	
	Gesundheitsschäden	∅	∅	∅	∅	∅	√	√	√	√	
	Staub	∅	∅	∅	∅	∅	√	√	√	√	
	Sommersmog	∅	∅	∅	∅	∅	√	∅	√	√	
	Giftigkeit für Tiere und Pflanzen	∅	∅	∅	∅	∅	√	√	√	√	
	Versauerung	∅	∅	∅	∅	∅	√	√	√	√	
	Überdüngung	∅	∅	∅	∅	∅	√	√	√	√	
	Geruch	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	
	Lärm	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	
	Radioaktivität	∅	∅	∅	∅	∅	√	√	√	√	
	Hormone	∅	∅	∅	∅	∅	√	∅	∅	∅	
Anderes	Unfälle	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	
	Abfälle	∅	∅	∅	∅	∅	√	∅	∅	∅	
	Littering	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	
	Versalzung	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	
	Erosion	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	

8.1 Primärenergiefaktoren

Die Graue Energie von Gütern und Dienstleistungen wird mit dem kumulierten Energieaufwand (Primärenergie) bewertet.

Der Primärenergiefaktor ist das Verhältnis der Primärenergiemenge, die erforderlich ist, um dem Abnehmer eine bestimmte Nutzwärmemenge zu liefern, zu dieser Endenergiemenge. Er berücksichtigt die Energie die erforderlich ist, um die Energie zu gewinnen, umzuwandeln, zu

- 5 Zuordnung einzelner Schadstoffemissionen zu einem bestimmten Umweltproblem und Umrechnung in eine Standardeinheit. Z.B. Zusammenfassung der Treibhausgase CO₂, Methan und Lachgas zum Indikator Kohlendioxidäquivalente.
- 6 Zusammenfassung verschiedener Umweltprobleme zu einem Indikator. Diese beruht in der Regel auch auf Werthaltungen und nicht nur auf naturwissenschaftlichen Erkenntnissen.

raffinieren, zu transportieren und zu verteilen, sowie alle Vorgänge, die erforderlich sind, um die Energie dem Gebäude, das sie verbraucht, bis zum Bilanzperimeter zuzuführen. Dieser Faktor umfasst nicht die Umwandlungsverluste im Innern des Gebäudes, aber die graue Energie der Wärmeerzeugeranlage (Heizkessel, Wärmepumpe etc.).

Die Primärenergiefaktoren werden auf Grund des kumulierten Energieaufwands gemäss den Ökobilanzdaten der ecoinvent Datenbank bestimmt (Frischknecht et al. 2007). Als Eigenwert der Primärenergieressourcen werden die in Tab. 8.2 aufgeführten physikalischen Eigenschaften verwendet⁷.

Tab. 8.2 Prinzip für die Bestimmung der Primärenergiefaktoren verschiedener Energieressourcen

Nicht erneuerbare Primärenergie:	
Fossil	Brennwert in der Lagerstätte
Nuklear	Energie des spaltbaren Urans, die im Leichtwasserreaktor erzeugt werden kann
Erneuerbare Primärenergie	
Wasser	potentielle Energie im Staubecken
Biomasse	Brennwert am Erntestandort
Sonne (Kollektor)	geerntete Solarstrahlung: Wärme am Ausgang des Kollektors
Sonne (Photovoltaik)	geerntete Solarstrahlung: Gleichstrom am Ausgang des Panels
Wind	geerntete kinetische Energie des Winds: mechanische Energie auf der Rotorwelle
Geothermie	Wärme (Sole, Warmwasser, Dampf) am Ausgang der Erdsonde
Umweltwärme (Luft)	Wärme am Ausgang des Luft-Wärmetauschers
Umweltwärme (Wasser)	Wärme am Eingang der Wärmepumpe
Abfälle	
Energie aus Kehricht und Abwärme	Abfälle enthalten keinen Primärenergiefaktor, da ihr Energieinhalt dem Endverbraucher bei der Lieferung belastet wird. Der Vollständigkeit halber werden sie teilweise mit aufgeführt.

In der vorliegenden Studie wird die Energie aus Abwärme und Abfall nicht in den totalen Primärenergieaufwand eingerechnet aber der Vollständigkeit halber aufgeführt.

8.2 Klimaänderungspotential

Für diejenigen Substanzen, welche zur Verstärkung des Treibhauseffekts beitragen, wird das „global warming potential“ (GWP) nach IPCC (Solomon et al. 2007) als Wirkungsparameter beigezogen. 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. 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).

⁷ Je nach Zielsetzung sind verschiedene Rechenregeln anzuwenden (bei Grauer Energie beispielsweise nur die nicht erneuerbaren Primärenergien). Es ist zu beachten, dass zwischen nicht erneuerbaren und erneuerbaren Primärenergieformen ein prinzipieller Unterschied in der Einschätzung des Eigenwerts bestehen kann. Eine Aggregation über diese Kategorien hinweg ist deshalb mit Bedacht vorzunehmen.

Die aktuellste Version der Charakterisierungsfaktoren wurde 2013 veröffentlicht (IPCC 2013). Teilweise berücksichtigen wir in unseren Studie auch den zusätzliche Effekt durch die Emissionen von Flugzeugen mit dem sogenannten RFI Faktor (Jungbluth 2013).

8.3 Methode der ökologischen Knappheit

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 und zwischenzeitlich dreimal aktualisiert (Brand et al. 1998). Eine Aktualisierung fand zwischen 2005 und 2008 statt (Frischknecht et al. 2008). Die aktuellste Version wurde 2014 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. 8.1 zeigt ein vereinfachtes Vorgehensschema dieser Bewertungsmethode. Daraus geht hervor, dass die Schritte Klassifizierung und Charakterisierung nur für einen Teil der Umwelprobleme durchgeführt werden. Ansonsten werden die Umwelteinwirkungen (Emissionen und Ressourcenverbrauch) und Abfallmengen aus der Sachbilanz direkt gewichtet.

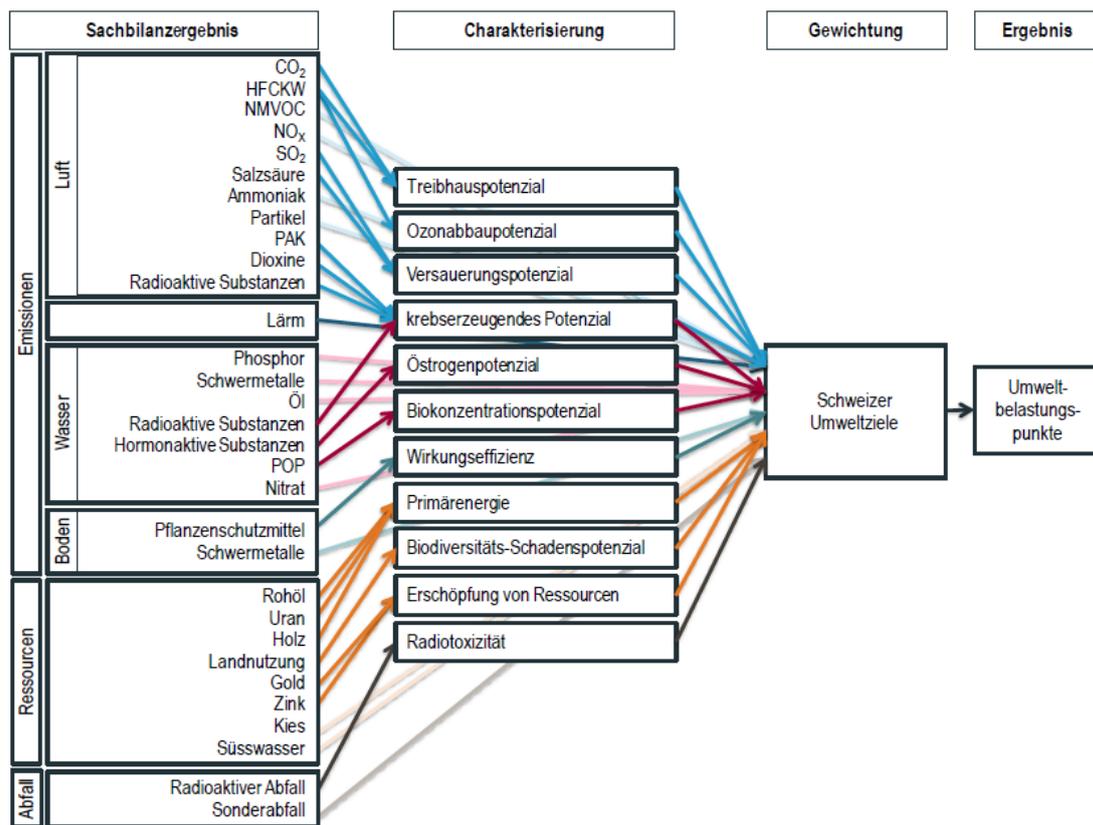


Fig. 8.1 Schematische Darstellung der Methode der ökologischen Knappheit 2013 (Frischknecht et al. 2013)

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.