

Vergleich der Umweltbelastungen von Hahnenwasser und Mineralwasser

Niels Jungbluth

Trinken ist ein Grundbedürfnis. Täglich sollten wir mindestens zwei Liter Wasser zu uns nehmen. Doch wie kann dieses Bedürfnis auf möglichst umweltfreundliche Art und Weise gestillt werden und welchen Beitrag kann Hahnenwasser hierzu liefern? Dies war Gegenstand einer detaillierten Untersuchung im Auftrag des SVGW [1]. Hier wird der gesamte Lebensweg von der Wassergewinnung bis zum Einschenken in das Trinkglas in einer Ökobilanz untersucht. Dafür werden verschiedene Varianten, z. B. mit oder ohne Kohlensäure (CO₂), gekühlt oder ungekühlt etc., untereinander verglichen. Beim direkten Vergleich von Trinkwasser aus dem Wasserhahn und ungekühltem Mineralwasser aus der Flasche oder dem Grossbehälter verursacht das Hahnenwasser nur weniger als ein Prozent der Umweltbelastungen von Mineralwasser. Auch für gekühltes und sprudelndes Wasser betragen die Umweltbelastungen des Hahnenwassers nur ungefähr ein Viertel derjenigen des Mineralwassers. Aus Umweltsicht ist es somit grundsätzlich zu empfehlen, Hahnenwasser als Getränk gegenüber Mineralwasser zu bevorzugen.

Der durchschnittliche Trinkwasserkonsum ist in den letzten Jahren leicht gesunken, nachdem er bis in die achtziger Jahre hinein langsam, aber stetig gestiegen ist. Durchschnittlich werden heute pro Person und Tag rund 162 Liter Trinkwasser im Schweizer Privathaushalt verbraucht. Davon wird nur ein sehr kleiner Teil getrunken.

Der Pro-Kopf-Verbrauch von Mineralwasser in der Schweiz ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen und liegt heute bei etwa 130 Litern pro Jahr. Die Importe von Mineralwasser haben sich in den letzten zehn Jahren mehr als verdreifacht und machen heute fast einen Drittel des Schweizer Verbrauchs aus. Zu den Umweltbelastungen durch Herstellung, Verpackung und Transport von Mineralwasser und Hahnenwasser gibt es bisher nur

wenige veröffentlichte Studien, die detailliert verschiedene Aspekte berücksichtigen. In der aktuellen Studie werden verschiedene Wässer in einer Ökobilanz untersucht.

Die Ökobilanz ist eine Methode zur Beurteilung der mit einem Produkt verbundenen Umweltauswirkungen. Dabei werden die Umweltauswirkungen des gesamten Lebenswegs von der Wiege bis zur Bahre («cradle to grave»), also von der Rohstoffentnahme über Fertigung und Nutzung bis zur Entsorgung des Produktes und der Produktionsabfälle erfasst und bewertet.

1. Ziel der Studie und Systembeschreibung

Der Schweizerische Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW) hat die Firma ESU-services damit beauftragt, eine fundierte Ökobilanz zu erstellen, welche die Umweltbelastungen von Mineralwasser in Flaschen und Behältern und Hahnenwasser analysiert und vergleicht.

Das Hauptgewicht der Untersuchung liegt dabei auf dem direkten Vergleich von Hahnenwasser und Mineralwasser. Hierzu werden je-



weils vergleichbare Varianten einander gegenübergestellt. Andere Aspekte, z.B. eine vertiefte Analyse der Wasserversorgung, ein Vergleich verschiedener Getränkeverpackungen oder eine Optimierung von Logistikkonzepten, sind nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

Als Vergleichsbasis dient 1 Liter (1 kg) Getränk, das zum Trinken für die Konsumenten bereit steht. Die Ökobilanz macht dabei keine vergleichenden Aussagen zu positiven oder negativen Gesundheitsauswirkungen von Wasserinhaltsstoffen. Es wird also davon ausgegangen, dass beide Alternativen für den Konsumenten in gleicher Weise geeignet sind, den Durst zu stillen.

In der Studie wird der gesamte Lebensweg des Trink- und Mineralwassers von der Wassergewinnung bis zur Einfüllung in das Trinkglas untersucht. Hierzu gehören die Wassergewinnung, Aufbereitung, Abfüllung inkl. eventuell notwendiger Verpackung, Distribution über Gross- und Detailhandel, Verteilung über die Wasserleitung inklusive der not-

wendigen Infrastruktur, Heimtransport bzw. Hausinstallation und Behandlung am Verbrauchsort (Kühlen, Sprudlergerät etc.).

Nicht einbezogen in die Bilanz werden das Trinkgefäss (Glas, Becher) und die Entsorgung der Toilettenabwässer, da davon ausgegangen wird, dass sich diese beiden Prozessschritte für die verschiedenen Varianten nicht unterscheiden.

Zur Auswertung der berechneten Schadstoffemissionen und Ressourcenverbräuche werden die folgenden *Bewertungsmethoden* angewendet:

- Kumulierter Primärenergieaufwand: nukleare, fossile und hydrologische Ressourcen, aber ohne biogene und andere erneuerbare Ressourcen wie Wind, Sonne und geothermale Energie [2]; zur besseren Verständlichkeit wird der kumulierte Primärenergieaufwand auf Erdöläquivalente umgerechnet,
- Klimaänderungspotenzial innerhalb von 100 Jahren [3] zur Beschreibung der potenziellen Aus-

wirkungen der Getränkebereitstellung auf das Klima,

- Umweltbelastungspunkte 1997 [4], Bewertungsmethode, die eine Gewichtung verschiedener Schadstoffe, Ressourcen und Abfälle auf Grundlage der Ziele der Schweizer Umweltpolitik durchführt,
- Ecoindicator 99 (H, A) [5], Bewertungsmethode, bei der verschiedene Schadstoffe und Ressourcen hinsichtlich der durch sie verursachten Schäden für Umwelt und Gesundheit gewichtet werden.

2. Sachbilanzdaten

Für alle wesentlichen Prozessschritte werden im Rahmen der Studie Daten zu Stoff- und Energieflüssen erhoben. Für die Bilanzierung der Hintergrundprozesse, wie z. B. Abwasserentsorgung, Verpackungsmaterialien, Transporte und Baumaterialien, werden Daten aus dem aktuellen ecoinvent-Datenbestand herangezogen [6].

Als Beispielregionen für die Bereitstellung von Trinkwasser ab Hahn wurden ein städtisches Gebiet (die Stadt Zürich, ZH) und ein ländliches Gebiet (die Seeländische Wasserversorgung SWG im Kanton Bern) ausgewählt. Diese Wasserversorgungen können als einigermaßen repräsentativ für die Gegebenheiten in der Schweiz (CH) angesehen werden. Für die Verwendung von Hahnenwasser als Getränk wurden eine Reihe von Varianten abgeschätzt (Tab. 1).

Tab. 1 Varianten zur Beurteilung des Konsums von Hahnenwasser im Haushalt. (Spülen: Spülen der Trinkflasche bei Kühlung im Kühlschrank bzw. Nutzung des Soda-Gerätes)

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8
Region	CH	CH	CH	CH	CH	SWG	ZH	RER
Ausgabe	Hahn	Hahn	Soda-Gerät	Soda-Gerät	Wasserspender	Hahn	Hahn	Hahn
Kohlensäure	still	still	sprudelnd	sprudelnd	still	still	still	still
Spülen	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein	nein
Temperatur	ungekühlt	gekühlt	gekühlt	ungekühlt	gekühlt	ungekühlt	ungekühlt	ungekühlt
Prozessname	Trinkwasser, CH, still, ungekühlt, ab Hahn	Trinkwasser, CH, still, gekühlt, ab Hahn	Trinkwasser, CH, sprudelnd, gekühlt, ab Soda Gerät	Trinkwasser, CH, sprudelnd, ungekühlt, ab Soda Gerät	Trinkwasser, CH, still, gekühlt, ab Wasserspender	Trinkwasser, SWG, still, ungekühlt, ab Hahn	Trinkwasser, ZH, still, ungekühlt, ab Hahn	Trinkwasser, RER, still, ungekühlt, ab Hahn

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8	Variante 9	Variante 10
Produktion	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	RER	RER	CH/RER
Transport Lkw	50	50	50	50	50	50	50	1000	1000	200
Transport Pkw, Lieferwagen	-	-	10	-	-	5	10	-	5	-
Kohlensäure	still	still	still	sprudelnd	still	sprudelnd	still	still	sprudelnd	still
Temperatur	ungekühlt	ungekühlt	ungekühlt	ungekühlt	gekühlt	gekühlt	gekühlt	ungekühlt	gekühlt	ungekühlt
Verpackung	Glas-MW	PET-EW	Behälter	PET-EW	PET-EW	PET-EW	Behälter	PET-EW	Glas-MW	PET/Glas
Prozessname	Mineralwasser, Produktion CH, still, ungekühlt, Glas-MW, im Haushalt	Mineralwasser, Produktion CH, still, ungekühlt, PET-EW, im Haushalt	Mineralwasser, Produktion CH, still, ungekühlt, Behälter, im Haushalt	Mineralwasser, Produktion CH, sprudelnd, ungekühlt, PET-EW, im Haushalt	Mineralwasser, Produktion CH, still, gekühlt, PET-EW, im Haushalt	Mineralwasser, Produktion CH, sprudelnd, gekühlt, PET-EW, im Haushalt	Mineralwasser, Produktion CH, still, gekühlt, Behälter, im Haushalt	Mineralwasser, Produktion RER, still, ungekühlt, PET-EW, im Haushalt	Mineralwasser, Produktion RER, sprudelnd, gekühlt, Glas-MW, im Haushalt	Mineralwasser, Produktion CH/RER, still, ungekühlt, PET/Glas, im Haushalt

Tab. 2 Varianten zur Berechnung für den Konsum von Mineralwasser im Haushalt.

MW – Mehrwegflasche, EW – Einwegflasche

Die Varianten 1 bis 5 betrachten dabei die Auswirkungen des Konsumentenverhaltens (Kühlung im Kühlschrank bzw. Wasserdispenser, Sprudler¹) auf Basis der Schweizer Wasserversorgung. Mit den Varianten 1, 6, 7, 8 werden unterschiedliche Wasserversorgungen miteinander verglichen.

Der Konsum von Mineralwasser wird mit folgenden Varianten untersucht: Produktion in der Schweiz (CH) oder Europa (RER), 1,5-Liter-PET-Flasche, 1-Liter-Glas-Pfandflasche und Grossbehälter à 18,9 Liter mit je 50 Umläufen, kohlendioxidhaltig oder still, Transportszenarien, gekühlt oder ungekühlt. Aus diesen Unterscheidungsmerkmalen wurden die in *Tabelle 2* gezeigten Szenarien erstellt. Diese decken die mögliche Bandbreite zwischen Minimal- und Maximalwerten ab, ohne dass jedes im Supermarkt erhältliche Produkt betrachtet wird.

Die Daten zur Mineralwasserabfüllung beruhen auf verschiedenen Umweltberichten und können als relativ sicher gelten. Die Bilanz von Verpackungen kann sich auf eine Reihe von Studien stützen und ist damit relativ gut

1 Beim Sprudlergerät handelt es sich um ein Tischgerät ohne Kühlung, für dessen Betrieb CO₂-Patronen notwendig sind.

abgesichert. Für Transporte wurden Minimal- und Maximalszenarien abgeschätzt. Die tatsächlichen durchschnittlichen Transportaufwendungen sind hingegen nicht bekannt.

Für das Wasser in Behältern wird eine Auslieferung mit dem Lieferwagen über 10 km bis zum Verbraucher angenommen. Der Ausschank erfolgt über einen Wasserspender.

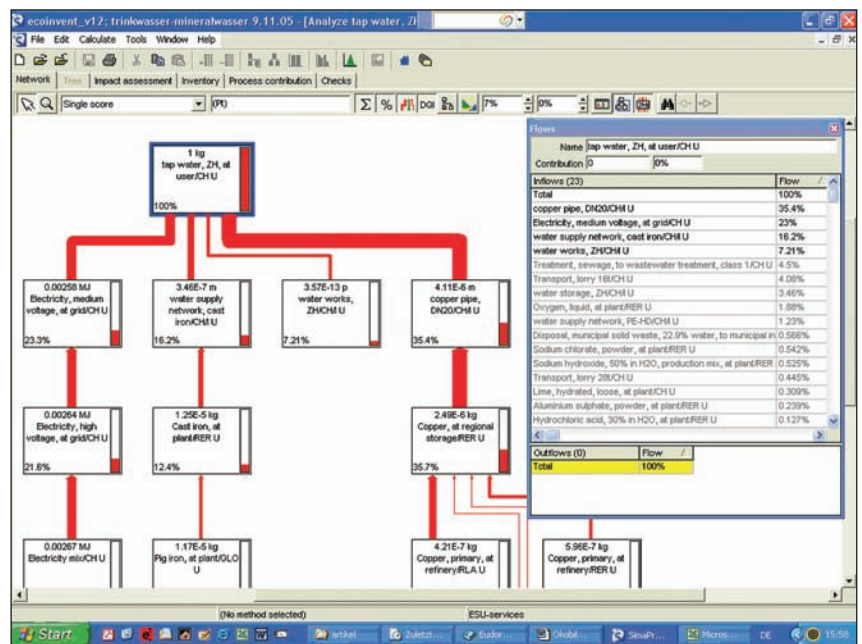


Abb. 1 Wichtige Inputs für die Trinkwasserversorgung in Zürich bewertet mit der Methode Ecoindicator 99 (H, A).

	kumulierter Primärenergieaufwand	Erdöl-äquivalente	Treibhausgasemissionen	Eco-indicator 99 (H,A)	Umweltbelastungspunkte 97
	MJ-eq	dl Öl	CO ₂ -eq	Pkt.	Pkt.
Trinkwasser, CH, still, ungekühlt, ab Hahn	0.0106	0.003	4.36E-4	3.93E-5	1.1
Trinkwasser, RER, still, ungekühlt, ab Hahn	0.0108	0.003	6.16E-4	3.92E-5	1.0
Trinkwasser, SWG, still, ungekühlt, ab Hahn	0.0132	0.004	4.27E-4	4.12E-5	1.2
Trinkwasser, ZH, still, ungekühlt, ab Hahn	0.0136	0.004	4.06E-4	3.47E-5	1.1
Trinkwasser, CH, sprudelnd, ungekühlt, ab Soda Gerät	0.593	0.160	3.98E-2	2.02E-3	35.6
Trinkwasser, CH, still, kochend, ab Kocher	1.070	0.288	1.65E-2	9.31E-4	46.2
Trinkwasser, CH, still, gekühlt, ab Hahn	1.490	0.401	2.88E-2	1.86E-3	66.1
Trinkwasser, CH, still, gekühlt, ab Wasserspender	1.730	0.466	3.34E-2	2.04E-3	75.6
Trinkwasser, CH, sprudelnd, gekühlt, ab Soda Gerät	2.040	0.549	6.61E-2	3.72E-3	98.5
Mineralwasser, Produktion CH, still, ungekühlt, Behälter, im Haushalt	1.860	0.501	8.98E-2	6.98E-3	98.6
Mineralwasser, Produktion CH, still, ungekühlt, Glas-MW, im Haushalt	2.410	0.649	1.07E-1	9.44E-3	123.0
Mineralwasser, Produktion CH, still, gekühlt, Behälter, im Haushalt	3.390	0.912	1.11E-1	8.13E-3	162.0
Mineralwasser, Produktion CH, still, ungekühlt, PET-EW, im Haushalt	4.230	1.139	1.78E-1	1.48E-2	183.0
Mineralwasser, Produktion CH, sprudelnd, ungekühlt, PET-EW, im Haushalt	4.350	1.171	1.98E-1	1.53E-2	195.0
Mineralwasser, Produktion CH/RER, still, ungekühlt, PET/Glas, im Haushalt	4.380	1.179	2.01E-1	1.82E-2	223.0
Mineralwasser, Produktion CH, still, gekühlt, PET-EW, im Haushalt	5.680	1.529	2.04E-1	1.65E-2	246.0
Mineralwasser, Produktion CH, sprudelnd, gekühlt, PET-EW, im Haushalt	7.400	1.992	3.19E-1	2.45E-2	341.0
Mineralwasser, Produktion RER, still, ungekühlt, PET-EW, im Haushalt	8.340	2.245	4.25E-1	4.24E-2	508.0
Mineralwasser, Produktion RER, sprudelnd, gekühlt, Glas-MW, im Haushalt	11.800	3.176	6.18E-1	6.07E-2	771.0

Tab. 3 Gesamtbewertung der verschiedenen Varianten mit den Methoden kumulierter Primärenergieaufwand, Treibhausgasemissionen, Ecoindicator 99 (H,A) und Umweltbelastungspunkte 1997. Alle Angaben pro Liter Wasser.

In der Variante 6 und 9 wird ein Heimtransport von Mineralwasser mit dem Pkw betrachtet. Dabei werden 5 km für den Kauf von 36 Liter Wasser angenommen. In den anderen Varianten wird ein Heimtransport zu Fuss oder per Velo angenommen. Variante 9 ist hinsichtlich der Umweltbelastungen eine Maximalabschätzung. Variante 10 schätzt die durchschnittlichen Verhältnisse für den Mineralwasserkonsum ab.

3. Wirkungsabschätzung

3.1 Trinkwasserbereitstellung

Die Analyse der wichtigsten Inputs für die Zürcher Wasserversorgung wird in *Abbildung 1* gezeigt. Die Umweltbelastungen der Trinkwasserversorgung werden zum einen durch den Strombedarf und zum anderen durch die notwendige Infrastruktur, insbesondere Verteilungen und Hausinstallationen, bestimmt. Weniger relevant sind hingegen die bei der Aufbereitung eingesetzten Betriebsmittel. Der Stromverbrauch ist relativ genau bekannt. Grosse Unsicherheiten gibt es hingegen bei der Infrastruktur hinsichtlich tatsächlicher Materialaufwendungen, Aufwendungen zum Bau und für die Lebensdauer. Wichtig für die Bewertung mit dem Ecoindicator 99 (H, A) ist der Verbrauch von Primärenergieressourcen und einige Emissionen wie Partikel, Stickoxide und Schwefeldioxid.

3.2 Ergebnisübersicht

Tabelle 3 zeigt eine Ergebnisübersicht für alle Varianten mit den vier genutzten Bewertungsmethoden und die Umrechnung auf Erdöläquivalente. Für Mineralwasser, das von sehr weit her transportiert wird, werden z. B. etwa 320 ml Erdöläquivalente pro Liter verbraucht, um es

zum Konsumenten zu bringen. Für Hahnenwasser beträgt der Wert hingegen nur 0,3 ml, also rund 1000 Mal weniger.

Da die Sprudlergeräte vergleichsweise wenig genutzt werden und CO₂ in kleinen Zylindern zum Kunden gebracht wird, erhöht die CO₂-Zugabe die Gesamtbelastungen des Hahnenwassers relativ deutlich. Auch wenn das Trinkwasser gekühlt wird, erhöhen sich die Umweltbelastungen pro Liter beträchtlich.

Die Umweltbelastung des Mineralwassers wird wesentlich durch Kühlung, Verpackung und Transporte bestimmt. Andere Aufwendungen im Werk und Handel sind relativ unbedeutend. Bei den Verpackungen gibt es keine grossen Unterschiede. Auf kurze Distanzen schneiden wiederbefüllbare Glasflaschen oder Grossbehälter etwas besser ab. Auf lange Distanzen führt das höhere Gewicht der Glasflaschen zu insgesamt höheren Umweltbelastungen als durch PET-Flaschen. Mit Kohlensäure versetztes Mineralwasser hat nur geringfügig höhere Belastungen als stilles Wasser. Die Kühlung im Kühlschrank oder die Nutzung

eines Wasserdispensers erhöht die Umweltbelastungen etwas.

3.3 Gesamtvergleich Hahnenwasser – Mineralwasser

In *Abbildung 2* wird ein relativer Vergleich der Umweltbelastungen zwischen Mineralwasser und Hahnenwasser vorgenommen. Die Zahlen geben jeweils an, wie hoch die Belastungen für die Variante von Hahnenwasser im Verhältnis zur Variante mit Mineralwasser sind. Insgesamt kommen die verschiedenen Methoden zu tendenziell ähnlichen Ergebnissen bei relativ grossen absoluten Unterschieden zwischen den verschiedenen Varianten für die Bereitstellung von Hahnenwasser und Mineralwasser.

Ungekühltes, stilles Mineralwasser verursacht Umweltbelastungen, die um das 90- bis mehr als das 1000-fache höher sind als diejenigen von Hahnenwasser. Der Unterschied wird umso grösser, je weiter das Mineralwasser transportiert wurde, bis es zum Kunden gelangt. Neben der Transportdistanz von der Abfüllung bis zum Haushalt sind auch die gewählten Transportmittel von grosser Bedeutung. Deshalb können auch kurze Transportwege beim Einkauf mit dem Pkw eine wichtige Rolle spielen. Auch bei gekühlten Getränken schneidet das Hahnenwasser gegenüber Mineralwasser besser ab. Der relative Unterschied wird hier aber geringer und beträgt ungefähr einen Viertel bis 50 % der Umweltbelastungen von Mineralwasser.

Beim Vergleich verschiedener CO₂-haltiger Getränke zeigen sich Vorteile für die Verwen-

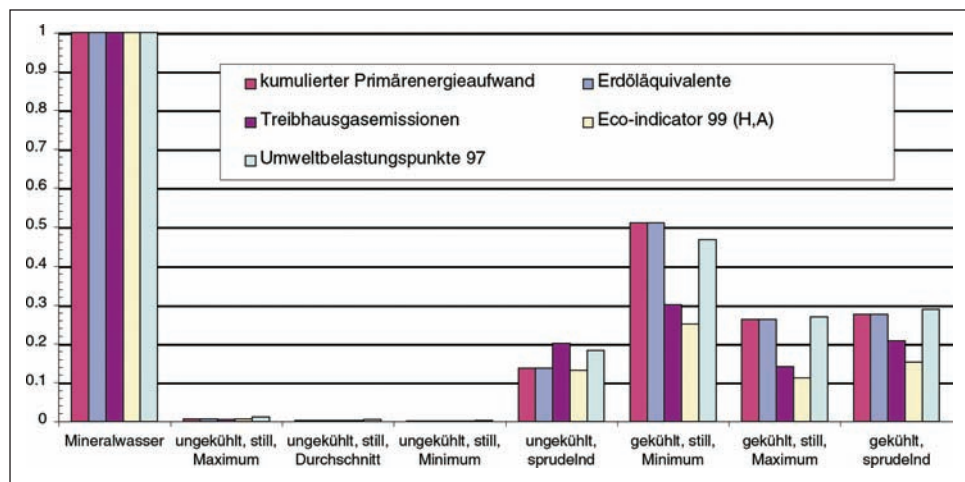


Abb. 2 Relativer Vergleich der Umweltbelastungen von Mineralwasser und Hahnenwasser. Die Höhe des Balkens gibt die Umweltbelastungen der Hahnenwasservariante im Vergleich zur entsprechenden Variante für Mineralwasser an.

derung von Sprudlergeräten im Vergleich zu Mineralwasser. Beim ungekühlten, sprudelnden Getränk liegt das Verhältnis etwa bei 5- bis 8-fach höheren Umweltbelastungen von Mineralwasser.

Insgesamt schneiden also in allen verglichenen Varianten die Getränke auf Basis Hahnenwasser jeweils besser ab als Mineralwasser. Dieses Ergebnis gilt auch unter der Einschränkung, dass die genauen Zahlen teilweise grösseren Schwankungsbreiten unterworfen sind, da sie von schwer bestimmbareren Faktoren wie dem KonsumentInnenverhalten abhängen. Beim Mineralwasser sind die genauen Transportdistanzen auf Grund der Vielzahl unterschiedlicher Anbieter nicht genau zu bestimmen. Abgesichert werden die Schlussfolgerungen dadurch, dass für Trinkwasser tendenziell eher konservative Abschätzungen getroffen werden, während beim Mineralwasser im Zweifelsfall auch Varianten mit minimalen Umweltbelastungen ausgewertet wurden.

Trinkwasser, das in Flaschen abgefüllt wird und wie Mineralwasser transportiert und verkauft wird, hat gegenüber Mineralwasser allerdings keinen ökologischen Vorteil mehr, da auch hier Verpackung und Strassen- bzw. Bahntransporte notwendig werden.

4. Empfehlungen

Mit der aktuellen Ökobilanz wurden verschiedene in der Schweiz erhältliche Varianten von Hahnenwasser und Mineralwasser erstmals detailliert untersucht. Die Ergebnisse können direkt in Handlungsempfehlungen für Konsumentinnen und Konsumenten überführt werden.

Aus Umweltsicht ist es grundsätzlich zu empfehlen, Hahnenwasser als Getränk gegenüber Mineralwasser zu bevorzugen. Eine Kühlung im Kühlschrank oder Wasserdispenser erhöht die Umweltbelastungen jedoch deutlich. Wird aus Geschmacksgründen mit CO₂-versetztes Wasser bevorzugt, ist auch ein Soda-Gerät ökologisch vertretbar. Das Gerät und die zugehörige Kohlenstoffpatrone muss allerdings wirklich regelmässig (mehr als 1 Liter pro Tag) und über längere Zeit (mehr als fünf Jahre) genutzt werden damit, sich die Anschaffung aus Umweltsicht (und auch finanziell) amortisiert. Wird ausnahmsweise doch einmal Mineralwasser konsumiert, so ist die Herkunft für die Umweltbelastungen wesentlich relevanter als die Verpackung. Grundsätzlich sollte die Entfernung vom Abfüllort bis zum Konsumenten

also möglichst kurz sein. Nur dann lohnt sich auch die Bevorzugung von Mehrwegflaschen oder Behältern.

Bezüglich Kühlung ist es schwierig, eindeutige Empfehlungen zu Gunsten eines Gerätetyps auszusprechen. Die Entscheidung für das beste Gerät hängt von der tatsächlichen Ausnutzung und dem Stromverbrauch ab. Ist bereits ein Gerät vorhanden (z. B. ein Kühlschrank) so erhöht die Beschaffung eines zusätzlichen Wasserdispensers bzw. Wasserspenders den Stromverbrauch deutlich.

Insgesamt kann mit dem Verzicht auf Mineralwasser oder mit einer Reduktion des Wasserverbrauchs nur ein relativ kleiner Beitrag für eine Reduktion der persönlichen Umweltbelastungen erreicht werden, da der Wasserkonsum nur einen kleinen Teil zu den gesamten Umweltbelastungen beiträgt. Nahrungsmittel und Getränke sind für Konsumentinnen und Konsumenten aber oftmals ein erster Ansatzpunkt, sich mit ökologischem Verhalten zu befassen. Die Empfehlungen hinsichtlich kurzer Transportwege, weniger Kühlung oder sparsamen Umgangs mit Ressourcen gelten auch für andere Getränke (z. B. Bier, Wein, Saft etc.) oder Nahrungsmittel und können so u. U. eine grössere Tragweite entwickeln.

Für die Betreiber der Wasserversorgungen lassen sich aus den Auswertungen für das Trinkwasser folgende Handlungshinweise ableiten: Wesentlich für die verursachten Umweltbelastungen ist die Infrastruktur und hier insbesondere die Rohrleitungen. Bei Neubau und Instandhaltung sollten also möglichst umweltfreundliche Materialien und Verfahren eingesetzt werden. Ein weiterer wichtiger Punkt ist der Stromverbrauch. Wasserverluste in den Verteilungen und Eigenver-

brauch können die Umweltbelastungen des Hahnenwassers beim Kunden deutlich erhöhen. Diese sollten somit soweit wie möglich reduziert werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Jungbluth, N.; Faist Emmenegger, M. (2005): Ökobilanz Trinkwasser – Mineralwasser. ESU-services im Auftrag des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfachs SVGW, Uster.
- [2] Frischknecht, R.; Jungbluth, N.; Althaus, H.-J.; Doka, G.; Dones, R.; Hellweg, S.; Hischer, R.; Humbert, S.; Margni, M.; Nemecek, T.; Spielmann, M. (2004): Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. Final report ecoinvent 2000 No. 3. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.ch.
- [3] IPCC (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. In: Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (ed. Houghton, J. T.; Ding, Y.; Griggs, D. J.; Noguer, M.; van der Linden, P. J.; Xiaosu, D.): IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, The Edinburgh Building Shaftesbury Road, Cambridge, UK, retrieved from: www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/.
- [4] Brand, G.; Scheidegger, A.; Schwank, O.; 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.
- [5] Goedkoop, M.; Spiensma, R. (2000): The Eco-indicator 99: A damage oriented method for life cycle impact assessment. PRé Consultants, Amersfoort, The Netherlands, retrieved from: www.pre.nl/eco-indicator99/.
- [6] ecoinvent Centre (2004): ecoinvent data v1.1, Final reports ecoinvent 2000 No. 1–15. ISBN 3-905594-38-2. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.ch.

Adresse des Autors

Niels Jungbluth, Dr.
ESU-services
Kanzleistrasse 4
CH-8610 Uster
Tel. +41 (0)44 940 61 32
Fax +41 (0)44 940 61 94
jungbluth@esu-services.ch