

16  
|  
06

# > Umweltbewusster Konsum

*Schlüsselentscheide, Akteure und Konsummodelle*



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU



16  

---

06

# > Umweltbewusster Konsum

*Schlüsselentscheide, Akteure und Konsummodelle*

## **Herausgeber**

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

*Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).*

## **Autoren**

Josef Känzig, EPFL und Universität St.Gallen  
Olivier Jolliet, EPFL und University of Michigan

## **Unter Mitarbeit von**

Amélie Ardiot, Isabelle Blanc-Sommereux,  
Norbert Egli, Damien Friot, Sophie Hilkersberger,  
Anna Wälty

## **Zitierung**

KAENZIG J., JOLLIET O., 2006: Umweltbewusster Konsum: Schlüsselentscheide, Akteure und Konsummodelle. Umwelt-Wissen Nr. 0616. Bundesamt für Umwelt, Bern. 113 S.

## **Begleitung BAFU**

Amélie Ardiot  
Anna Wälty  
Norbert Egli  
Hans-Peter Fahrni  
Georg Karlaganis  
Christoph Rentsch  
Marc Chardonens

## **Gestaltung**

Josef Känzig; Ursula Nöthiger-Koch

## **Sprachliche Bearbeitung**

*(Originaltext in französischer Sprache verfasst)*  
Übersetzung: Jacqueline Dougoud, Zürich,  
Rolf Geiser, Neuenburg  
Nachbearbeitung: Josef Känzig

## **Foto Titelblatt**

© BAFU

## **Download PDF**

[www.umwelt-schweiz.ch/publikationen](http://www.umwelt-schweiz.ch/publikationen)  
(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)  
Code: UW-0616-D

© BAFU 2006

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>		
<b>Vorwort</b>	<b>7</b>		
<b>Zusammenfassung</b>	<b>9</b>		
<b>1 Einleitung</b>	<b>11</b>		
1.1 Kontext	11		
1.2 Zielsetzung	11		
1.3 Methodischer Ansatz	12		
1.4 Die wichtigsten verfügbaren Instrumente	13		
1.4.1 Datenquellen	13		
1.5 Die fünf Konsumbereiche	14		
<b>2 Wichtigste Umweltwirkungen des Konsums in der Schweiz</b>	<b>16</b>		
2.1 Methode der Wirkungsabschätzung	16		
2.1.1 Grenzen des untersuchten Systems	17		
2.1.2 Umweltwirkungen und -indikatoren	18		
2.2 Gesamtergebnisse und Resultate nach Konsumbereichen	19		
2.2.1 Überblick über die vorhandenen Ergebnisse	19		
2.2.2 Umweltwirkung, Energie- und Konsumausgaben	21		
2.2.3 Energieverbrauch und Umweltwirkungen nach Konsumbereich	22		
<b>3 Analyse der Schlüsselentscheide und Szenarien für einen umweltbewussten Konsum</b>	<b>26</b>		
3.1 Vorgehen und Überblick	26		
3.1.1 Schlüsselentscheide	26		
3.1.2 Illustration umweltverträglicherer Verhaltensweisen anhand ausgewählter Szenarien	29		
3.2 Wohnen	30		
3.2.1 Schlüsselfaktoren, -akteure und -entscheide	30		
3.2.2 Fallstudie: Vergleich zwischen einem konventionellen Haus (nach SIA-Norm 380/1) und einem Niedrigenergiehaus nach MINERGIE-Standard	34		
3.3 Private Mobilität	39		
3.3.1 Schlüsselfaktoren, -akteure und -entscheide	39		
3.3.2 Fallstudie: verlängertes Wochenende in Paris	43		
		3.4 Konsumgüter und Dienstleistungen	45
		3.4.1 Schlüsselfaktoren, -akteure und -entscheide	45
		3.4.2 Fallstudie: energieEtikette als Entscheidungshilfe für die Wahl energieeffizienter Geräte	48
		3.4.3 Fallstudie: investieren in Strom aus erneuerbaren Energien	54
		3.5 Ernährung	58
		3.5.1 Schlüsselfaktoren, -akteure und -entscheide	58
		3.6 Öffentliche Dienste und Versicherungen	60
		<b>4 Abschliessender Vergleich und potenzielle Vorteile</b>	<b>62</b>
		4.1 Entscheidungsspielraum der Konsumentinnen und Konsumenten und mögliche Einsparungen	62
		4.2 Beurteilung der potenziellen Vorteile	66
		<b>5 Diskussion und Fazit</b>	<b>68</b>
		<b>6 Dank</b>	<b>72</b>
		<b>Anhänge</b>	<b>73</b>
		A1 Verwendete Methoden der Wirkungsabschätzung	73
		A2 Schweizerischer Stromverbrauchsmix	76
		A3 Umweltdaten	77
		A4 Ergebnisse von Studien zu Umwelteinwirkungen des Konsums	79
		A5 Gesamtergebnisse nach Konsumbereichen	82
		A6 Detailangaben zum Bereich Wohnen	83
		A7 Detailangaben zur privaten Mobilität	90
		A8 Detailangaben zu Konsumgütern und Dienstleistungen	98
		<b>Index</b>	<b>99</b>
		1 Abkürzungen	99
		2 Abbildungen	101
		3 Tabellen	103
		4 Literaturverzeichnis	105
		5 Glossar / Definitionen	110



# Abstracts

- E**
- How can we improve our environmental impact as consumers? This study evaluates the environmental impact of housing, of private transportation, of consumer goods and services, of food supply and of public utilities in Switzerland. Innovatively, it concentrates primarily on the improvement potential of the environmental balance, by identifying the key factors, actors and decisions for the environmental impact and then deriving consumption scenarios that are environmentally sustainable. The financial side is also considered and the scenario results are compared to the total impact per person and year, so as to highlight the priorities for action. By adopting a series of scenarios coinciding as closely as possible with the present Swiss lifestyle, the environmental impact of a consumer can be reduced by one third, at no extra cost.
- Keywords:  
Consumption,  
sustainable,  
environment, impacts,  
decision making,  
Switzerland
- D**
- Wie können wir als Konsumenten die persönliche Umweltbilanz verbessern? Diese Studie untersucht, wie sich in der Schweiz Wohnen, private Mobilität, Konsumgüter und Dienstleistungen, Ernährung sowie öffentliche Dienste auf die Umwelt auswirken. Der innovative Ansatz besteht darin, dass sich die Studie in erster Linie mit den Verbesserungspotenzialen der Umweltbilanz befasst sowie die punkto Umweltverträglichkeit relevanten Schlüsselfaktoren, -akteure und -entscheide identifiziert und Szenarien für einen umweltbewussten Konsum erstellt. Die finanziellen Aspekte werden ebenfalls evaluiert und die Berechnungen der Szenarien werden mit den gesamten Umweltauswirkungen pro Person und Jahr verglichen um Handlungsprioritäten bestimmen zu können. Eine Serie von Szenarien, die dem heutigen Lebensstil von Schweizer Konsumenten entsprechen, zeigen auf, wie sich die Umweltwirkungen ohne Zusatzkosten um ein Drittel reduzieren lassen.
- Stichwörter:  
Auswirkungen,  
Entscheidungsfindung,  
Konsum, nachhaltig,  
Schweiz, Umwelt
- F**
- Comment améliorer son propre bilan environnemental de consommateur ? Cette étude évalue les impacts environnementaux du logement, de la mobilité privée, des biens de consommation et services, de l'alimentation et des services publics en Suisse. Innovante, elle s'intéresse avant tout aux potentiels d'amélioration du bilan environnemental du consommateur, en identifiant les facteurs, acteurs et décisions clés pour l'impact environnemental, et aboutit à des scénarios de consommation respectueuse de l'environnement. L'aspect financier est également évalué et les résultats des scénarios sont comparés à l'impact environnemental total par personne et par an, afin de pouvoir cibler les priorités d'action. En adoptant une série de scénarios coïncidant au mieux avec le style de vie actuel du consommateur suisse, l'impact environnemental d'une personne peut être réduit d'un tiers sans surcoût.
- Mots-clés :  
Consommation,  
durable,  
environnement,  
impacts, prise de  
décision, Suisse.
- I**
- Come migliorare il bilancio ambientale dei consumatori? La presente pubblicazione valuta l'impatto ambientale di abitazioni, mobilità privata, beni di consumo e servizi, alimentazione e servizi pubblici in Svizzera. È uno studio innovativo che esamina innanzitutto il potenziale di miglioramento del bilancio ambientale individuando i fattori, gli attori e le decisioni determinanti per l'impatto sull'ambiente ed elaborando degli scenari di consumo ecocompatibile. Per definire in modo mirato le priorità d'azione si valuta inoltre anche l'aspetto finanziario, e i risultati degli scenari sono confrontati con l'impatto ambientale totale per persona e anno. Adottando una serie di scenari il più possibile consoni allo stile di vita attuale del consumatore svizzero, l'impatto ambientale di quest'ultimo può essere ridotto di un terzo senza costi supplementari.
- Parole chiave:  
consumo, sostenibile,  
ambiente, impatti,  
presa di decisione,  
Svizzera





# Vorwort

Die natürlichen Ressourcen sind die Basis für Wohlstand und Wohlbefinden. Sie zu schützen und so zu nutzen, dass auch künftige Generationen in ihren Genuss kommen, gehört zu einer der wichtigsten Aufgaben, wenn es um die Sicherstellung einer nachhaltigen Entwicklung in sämtlichen Ländern und ihrer Bevölkerung geht. In diesem Sinne wurde im Jahr 2002 anlässlich des Weltgipfels zur nachhaltigen Entwicklung in Johannesburg ein Rahmenprogramm für zehn Jahre beschlossen, das die Förderung umwelt- und sozialverträglicher Produktions- und Konsummodelle zum Ziel hat. Die Schweiz engagiert sich aktiv für die Umsetzung dieses Programms, denn ein Grossteil der gegenwärtigen Auswirkungen auf die Umwelt (CO<sub>2</sub>-Emissionen, Ausstoss von Schadstoffen, Ressourcenverbrauch) steht in Zusammenhang mit dem Konsum von Gütern und Dienstleistungen.

Dabei geht es nicht unbedingt darum, den Konsum zu drosseln, sondern vielmehr, die Bevölkerung zu neuen Verhaltensweisen zu bewegen, die sich durch Respekt gegenüber den Menschen und durch einen schonenden Umgang mit den Ressourcen auszeichnen. Unsere Lebensqualität hängt nämlich nicht von der Quantität der verbrauchten Güter und Dienstleistungen ab, sondern davon, dass wir in der Lage sind, unsere Bedürfnisse (Wärmebedarf, Ernährung usw.) auf ideale Weise abzudecken.

Damit die Öffentlichkeit über ein nachhaltiges Konsumverhalten informiert werden kann, sind fundierte Kenntnisse der Ökobilanzen von Gütern und Dienstleistungen erforderlich. Die vorliegende Studie identifiziert die konsumabhängigen Auswirkungen auf schweizerischer Ebene und zeigt auch die Auswirkungen der Entscheidungen von Konsumentinnen und Konsumenten auf die Umwelt auf. Sie schlägt mehrere Varianten von umweltbewusstem Konsumverhalten vor, legt die finanziellen Folgen dar und weist auf die Bereiche hin, in denen der Durchschnittskonsument einen direkten Einfluss ausüben kann.

Für interessierte Bürgerinnen und Bürger werden hier verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, wie sie als Einzelne ohne Mehrkosten zum Schutz der Umwelt beitragen können. Ökobilanz-Fachleute wiederum finden zahlreiche Informationen, die ihnen für weitere Überlegungen dienlich sein können. Letztlich ist dieser Bericht auch für Politikerinnen und Politiker sowie für Behörden ein wertvolles Instrument. Es erlaubt ihnen die Festlegung von prioritären Aktionsbereichen zur Förderung eines umweltbewussten Konsumverhaltens und der entsprechenden Kommunikationsmassnahmen. Damit leistet diese Studie einen Beitrag zur Anwendung der Beschlüsse von Johannesburg.

*Bundesamt für Umwelt (BAFU)  
Gérard Poffet, Vizedirektor*



# Zusammenfassung

Viele fragen sich, wie sich der Respekt gegenüber der Umwelt und die Vorteile einer Konsumgesellschaft in Einklang bringen lassen. Passende Empfehlungen sind zur Hand, doch wenige unter ihnen erfassen die Problematik auf globale Weise. Die vorliegende Studie beurteilt und vergleicht die durch unsere Konsumgewohnheiten verursachten Umweltwirkungen in ihrer Gesamtheit und hebt die Entscheidungen der Konsumentinnen und Konsumenten hervor, die einen massgebenden Einfluss auf ihre Umweltbilanz ausüben («Schlüsselentscheide»). Insofern verfolgt die Studie einen innovativen Ansatz. Sie zeigt bedeutende Verbesserungspotenziale der individuellen Bilanz auf und schlägt umweltverträglichere Konsumszenarien vor. Letztere belegen anhand von Zahlen, dass eine Einzelperson bis zu einem Drittel ihres jährlichen Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie einsparen und gleichzeitig im selben Masse ihre Umweltwirkungen vermindern kann, ohne dabei ihre Lebensweise radikal ändern zu müssen. Dank der Berücksichtigung des finanziellen Aspekts in jedem der Szenarien lassen sich Hemmnisse und Anreize für ihre Umsetzung identifizieren.

Aus methodischer Sicht beruhen die erzielten Ergebnisse auf einer sachdienlichen und systematischen Anwendung des Ökobilanz-Ansatzes, auf Daten aus neusten Erhebungen und auf integralen Umweltindikatoren, die über eine simple Energiebilanz hinausgehen. Um die Analyse zu vereinfachen, wurden Güter und Dienstleistungen in fünf Konsumbereiche unterteilt: Wohnen, private Mobilität, Konsumgüter und Dienstleistungen, Ernährung sowie öffentliche Dienste und Versicherungen.

Eine erste, auf bestehenden Arbeiten und Datenbanken aus der Schweiz und Europa basierende Ökobilanz des durchschnittlichen Konsums in der Schweiz zeigt, dass nahezu die Hälfte des Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie und die dadurch bedingten Auswirkungen wie Treibhauseffekt, Versauerung und fotochemische Oxidantenbildung auf das Konto der Bereiche Wohnen und Verkehr gehen. Betrachtet man den gesamten Lebenszyklus, so lässt sich feststellen, dass der Grossteil der Umweltwirkungen des Wohnens, der privaten Mobilität und der «aktiven» Produkte während der Gebrauchsphase entstehen und hauptsächlich auf den hohen Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie zurückzuführen sind. Im Bereich Ernährung dagegen fällt der Grossteil der Umweltwirkungen – beispielsweise die Eutrophierung – während der Herstellungsphase an.

Ausgehend von dieser Bilanz lässt sich ein zusätzlicher Schritt vollziehen: die Identifizierung der Schlüsselentscheide. Dabei handelt es sich um Entscheidungen von Konsumentinnen und Konsumenten mit ausschlaggebendem Einfluss auf ihre Umweltbilanz: Kauf oder Miete einer Sache, häufige oder seltene Benutzung eines Geräts oder Wahl des Entsorgungsweges. Die Schlüsselentscheide und ihre Auswirkungen auf die Umweltbilanz (von stark bis sehr gering) wurden für jeden Konsumbereich ermittelt und in Form von vier Umwelt-Entscheidungsmatrices dargelegt. Das grösste Potenzial zur Optimierung der Umweltbilanz bergen Entscheidungen in Bezug auf die thermische Qualität eines Gebäudes, die Wohnfläche, das Heizsystem und die Energiequelle, über die zurückgelegten Distanzen, die Verkehrsmittel und den Besetzungsgrad der Fahrzeuge, über Menge, Qualität und Gebrauchsdauer sowie Entsorgungsweg der verbrauchten Produkte und Dienstleistungen, über den Energieverbrauch der gekauften

Geräte, über die Herstellungsart der konsumierten Nahrungsmittel und über die Ernährungsweise.

Nicht nur die Konsumentinnen und Konsumenten können durch bewusste Konsumentscheide ihre eigene Umweltbilanz massgeblich beeinflussen, auch der Staat übernimmt in den meisten Bereichen einen bedeutenden Part, indem er den gesetzlichen Rahmen festlegt und finanzielle Anreize schafft. Des Weiteren können sowohl Industrie wie Landwirtschaft eine wichtige Rolle spielen, wenn sie – über den gesamten Lebensweg eines Produkts gesehen – mehr umweltverträgliche Erzeugnisse vermarkten.

Das Potenzial der ökologischen und finanziellen Vorteile wird anhand von Szenarien beurteilt, die umweltverträglichere Verhaltensweisen aufzeigen. Diese wiederum decken sich weitgehend mit dem heutigen Lebensstil der Schweizer Konsumentinnen und Konsumenten und betreffen unter anderem das Wohnen in einem Einfamilienhaus mit niedrigem Energieverbrauch, Sensitivitätsanalysen im Bereich Mobilität mit verschiedenen zurückgelegten Distanzen, Besetzungsgraden und Verkehrsmitteln oder den Kauf von Geräten mit hoher Energieeffizienz. Die kumulierte Anwendung von acht Szenarien bewirkt – immer pro Person und Jahr gerechnet – Kosteneinsparungen von CHF 1800, einen Minderverbrauch von 66 Gigajoule nicht erneuerbarer Primärenergie (dies entspricht ungefähr einem Drittel des jährlichen Energieverbrauchs) und eine Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses um 3 Tonnen. Die jährlichen Umweltwirkungen pro Person werden damit um rund ein Drittel gesenkt.

Es macht Sinn, die Konsumentinnen und Konsumenten bei der Reduktion ihrer Umweltwirkungen und Kosten zu unterstützen. Es wäre ebenfalls sinnvoll, dafür zu sorgen, dass die damit eingesparten Summen in die Anschaffung von umweltverträglicheren Gütern oder Dienstleistungen – beispielsweise eines Geräts mit hoher Energieeffizienz – reinvestiert werden. Auf diese Weise liessen sich Boomerangwirkungen vermeiden, wie etwa die Finanzierung eines Fluges mit dem Geld, das dank umweltbewussten Verhaltens eingespart wurde.

Die in dieser Studie vorgestellten Ergebnisse, Instrumente und Schlussfolgerungen sind eine Stütze bei der Festlegung von prioritären Massnahmen im Bereich umweltbewusster Konsum. Die Fallstudien ihrerseits drücken die Meinung ihrer Autorinnen und Autoren aus und widerspiegeln nicht zwangsläufig die strategische Haltung des BAFU.

# 1 Einleitung

## 1.1 Kontext

Die Schweiz trägt, genauso wie andere Industrieländer, in ökologischer Hinsicht eine grosse Verantwortung: Die durch anthropogene Tätigkeiten verursachten Umweltwirkungen manifestieren sich sowohl auf lokaler als auch auf regionaler und internationaler Ebene, insbesondere aber in den Entwicklungsländern. Die Gründe dafür liegen einerseits in der intensiven Verwendung primärer Ressourcen (Rohstoffe und Energie) und in ihrer Verteilung, andererseits in der Emission umweltschädlicher Substanzen.

Ein Grossteil dieser Umweltwirkungen steht in Zusammenhang mit den Konsumaktivitäten. Die gesamten von einer Person verursachten Umweltauswirkungen können in einer persönlichen Umweltbilanz ausgedrückt werden. Damit Konsumentinnen und Konsumenten ihre Umweltbilanz optimieren können, müssen ihnen langfristig umweltverträgliche Konsummodelle mit konkreten Beispielen vorgeschlagen werden. Allerdings erfordern solche Szenarien vorgängig eine ganzheitliche Beurteilung der Situation. Das heisst, es müssen die wichtigsten durch unsere Konsumgewohnheiten verursachten Umweltwirkungen identifiziert werden, genauso wie die Schlüsselfaktoren und -akteure, auf welche sich mögliche Anreizmassnahmen konzentrieren sollen.

Die vorliegende Studie beantwortet folgende Fragestellungen:

- Welchen Beitrag leisten die verschiedenen Konsumaktivitäten eines Einwohners der Schweiz an die gesamten Umweltwirkungen?
- Welches sind die Schlüsselentscheide, die einen wesentlichen Einfluss auf die Umweltbilanz einer Konsumentin oder eines Konsumenten in der Schweiz haben; durch wen werden sie getroffen und zu welchem Zeitpunkt des Lebenszyklus eines Produkts oder einer Dienstleistung?
- Wie hoch ist das Potenzial zur Verbesserung der Umweltbilanz durch die Annahme alternativer, umweltbewusster Verhaltensmuster?
- Welche prioritären Aktionen, die sich aus der Analyse der Schlüsselentscheide ergeben, lassen sich von Konsumierenden, Behörden oder Unternehmen umsetzen, um die konsumbedingten Umweltwirkungen massgeblich zu vermindern?

## 1.2 Zielsetzung

### Erster Schritt

In einem ersten Schritt geht es um **die Bestimmung der Umweltwirkungen des schweizerischen Konsums in fünf Bereichen, die zusammen die Mehrheit aller menschlichen Tätigkeiten abdecken**: Wohnen, private Mobilität, Ernährung, Konsumgüter und Dienstleistungen sowie öffentliche Dienste und Versicherungen. Dazu wurden bestehende Studien beigezogen, vervollständigt und aktualisiert. Die für die Studie entwickelte Umweltbeurteilung beruht auf dem «Lebenszyklus»-Ansatz und schlägt eine erweiterte Betrachtungsweise der Umweltwirkungen vor. Anders als die meisten Arbeiten zum gesamtschweizerischen Konsum beschränkt sie sich nicht auf die Indikatoren Energie, Kohlendioxidausstoss und Verbrauch natürlicher Ressourcen (siehe Untersuchungen zur 2000-Watt-Gesellschaft von NOVATLANTIS [2002], das von

ECOSPEED SA [2003] bereitgestellte Instrument sowie die Studie von NICOLLIER [2000] zu den Energiesklaven), sondern integriert auch Indikatoren betreffend die menschliche Gesundheit und die Ökosysteme. Sie geht damit über den von WACKERNAGEL ET AL. [1996 und 2004] beschriebenen «ökologischen Fussabdruck» hinaus, der die von einem Menschen verbrauchten Ressourcen in ein Flächenmass umrechnet.

#### Zweiter Schritt

In einem zweiten Schritt werden **die Schlüsselentscheide und -akteure, die den Umweltwirkungen zu Grunde liegen, für jeden der grossen Konsumbereiche identifiziert**. Damit hebt sich die Studie wesentlich von früheren Untersuchungen von Umweltaspekten in Zusammenhang mit dem Konsum ab. Die Schlüsselentscheide sind für die wichtigsten Umweltwirkungen verantwortlich und bergen ein bedeutendes Verbesserungspotenzial bei der Ökobilanz.

#### Dritter Schritt

In einem dritten Schritt werden **Szenarien für einen umweltbewussten Konsum** vorgestellt, die ein hohes Verbesserungspotenzial bei der persönlichen Bilanz in verschiedenen Konsumbereichen enthalten. Diese Szenarien gründen auf der Identifizierung der Schlüsselentscheide und berücksichtigen sowohl die ökologischen als auch die finanziellen Aspekte.

### 1.3 Methodischer Ansatz

Der methodische Ansatz umfasst folgende Schritte:

1. Beurteilung bestehender Ökobilanzierungsdaten sämtlicher Konsumbereiche und Inventarisierung der Szenarien für einen umweltbewussten Konsum in der Schweiz und in Europa
2. Definition der Methode zur Wirkungsabschätzung sowie Auswahl von Instrumenten und geeigneten Datenquellen
3. Definition der Konsumbereiche
4. Erste globale Ökobilanz über den Konsum eines Europäers und eines Schweizer: Zusammenfassung bestehender Untersuchungen und ergänzende Beurteilungen
5. Identifizierung der Schlüsselfaktoren, -akteure und -entscheide für die fünf Konsumbereiche und Quantifizierung des Verbesserungspotenzials der Ökobilanz
6. Fallstudien: Definition aussagekräftiger Szenarien, Quantifizierung und Vergleich von Alternativen
7. Zusammenfassung und Vergleich der Szenarien

## 1.4 Die wichtigsten verfügbaren Instrumente

**Ökobilanzierung (LCA)** Als wichtigstes Instrument für die Erarbeitung dieser Studie diente die Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment, LCA). Sie evaluiert die Umweltwirkung eines Produkts, einer Dienstleistung oder eines Systems unter Berücksichtigung sämtlicher Phasen der jeweiligen Lebenszyklen. Überdies erlaubt sie die Identifizierung bestimmter Faktoren, die eine Produktverbesserung zulassen. Dieses Instrument wird in erster Linie eingesetzt, um die Umweltbelastungen unterschiedlicher Produkte, Prozesse oder Systeme oder aber die verschiedenen Phasen des Lebenswegs eines einzigen Produkts miteinander zu vergleichen.

### 1.4.1 Datenquellen

**ecoinvent** ecoinvent ist die wichtigste schweizerische Datenbank für Ökobilanzinventare. Darin sind mehrere Tausend durch Stoff- und Energieflüsse verbundene Datensätze aufgelistet. Die Datenbank umfasst die Themenbereiche Energieversorgung, Transportsysteme, Baustoffe und -prozesse, Chemikalien, Waschmittel, Papiere und Karton, Entsorgungssysteme sowie landwirtschaftliche Produktion und Produktionsmittel. ecoinvent wurde für zahlreiche Berechnungen in dieser Studie als Datengrundlage verwendet.

**Weitere Datenquellen**

- Nationale Umweltstatistiken (u.a. Bundesinventare)
- Ökobilanzstudien und weitere Quellen
- Verbrauchsstatistiken der Schweiz
- Volkswirtschaftliche Daten zu Finanzflüssen (erweiterte Input-Output-Analyse)

Diese Datenkataloge sind in Anhang 3 beschrieben.

**Allgemeine Bemerkungen zu den verfügbaren Daten** Für diese Studie an der Schnittstelle zwischen Umwelt und Wirtschaft wurden verschiedene Quellen von Umwelt- und Wirtschaftsdaten verwendet. Des Weiteren wurden Daten aus Europa und anderen Ländern beigezogen, um einerseits einem Mangel an Daten aus der Schweiz in gewissen Bereichen entgegenzutreten und andererseits die erzielten Ergebnisse zu verifizieren. Wo nötig, wurden im Anschluss an einen Vergleich mit den schweizerischen Bedingungen entsprechende Anpassungen vorgenommen. Ein Beispiel: In der Schweiz erfolgt die Energieproduktion hauptsächlich in Wasser- und Kernkraftwerken, die im Vergleich zu den Kohlekraftwerken in Deutschland und Osteuropa sehr geringe CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweisen.

## 1.5 Die fünf Konsumbereiche

Die enorme Vielfalt an konsumierten Produkten und Dienstleistungen verlangt nach einer Aufteilung in Gruppen, um so die Analyse und das Verständnis der Ergebnisse zu erleichtern. Dabei sind verschiedene Zuordnungen möglich. Für diese Studie wurden folgende Kategorien ausgewählt: Wohnen, private Mobilität, Konsumgüter und Dienstleistungen, Ernährung sowie öffentliche Dienste und Versicherungen. Berücksichtigt wurden die Wirkungen der gesamten Lebenszyklen in jedem Bereich – von der Produktion bis zur Entsorgung.

### Wohnen

In diesem Konsumbereich werden die Energieausgaben und die Umweltwirkungen in Zusammenhang mit dem Wohnen betrachtet (Bauen und Abbruch, Unterhalt und Heizung, Wasserverbrauch und Abwasserbehandlung). Dazu zählen auch Tätigkeiten, die in der privaten Unterkunft stattfinden (Energiekonsum für Brauchwasser, Einsatz von Geräten, Kochen usw.).<sup>1</sup>

### Private Mobilität

In diesen Konsumbereich gehören die Energieausgaben und die Umweltwirkungen in Zusammenhang mit der privaten Fortbewegung unter Verwendung verschiedener Verkehrsmittel (Zug, Auto, Flugzeug usw.). Für jede Etappe der Fortbewegung wurden Bau, Betrieb, Unterhalt und Entsorgung des Fahrzeugs sowie die entsprechende Infrastruktur berücksichtigt. Auch die Fahrten zum Arbeitsort sind in diesem Bereich mit einbezogen. Berufliche Fahrten hingegen sind im Bereich des Produkts oder der Dienstleistung aufgeführt, zu dessen bzw. deren Produktion sie beitragen.

### Konsumgüter und Dienstleistungen<sup>2</sup>

Dieser Konsumbereich umfasst die Energieausgaben und die Umweltwirkungen sämtlicher Produkte und Dienstleistungen, die von in der Schweiz wohnhaften Personen konsumiert wurden und die nicht in den andern Konsumbereichen berücksichtigt worden sind. Für jeden Artikel oder jede Dienstleistung wurden Herstellung, Transport, Gebrauch sowie Entsorgung untersucht. Der direkte Betriebsverbrauch für Geräte wie Kühlschränke oder Fernseher ist im Bereich «Wohnen» enthalten.

### Ernährung

In diesen Konsumbereich fallen die Energieausgaben und die Umweltwirkungen in Zusammenhang mit der Produktion von zum Verzehr bestimmten Lebensmitteln (Landwirtschaft, Nahrungsmittelindustrie). Die für die Zubereitung (Kochen) der Nahrungsmittel verbrauchte Energie ist im Bereich «Wohnen» aufgeführt, wenn die Mahlzeit zu Hause eingenommen wird, und im Bereich «Ernährung», wenn diese auswärts konsumiert wird. Die Berechnung erfolgt nach den gekauften und nicht nach den tatsächlich verzehrten Mengen.

<sup>1</sup> Als «Umweltwirkungen» werden die Auswirkungen auf die Ressourcen, auf den Treibhauseffekt, auf die menschliche Gesundheit und auf die Qualität der Ökosysteme bezeichnet (siehe Anhang 1).

<sup>2</sup> Der Begriff «Dienstleistungen» umfasst die in Zusammenhang mit Bildung, Beherbergung (Hotel, Camping usw.), Freizeit, kulturellen Aktivitäten, dem Bankwesen sowie den nicht obligatorischen Gesundheitsleistungen erbrachten Leistungen. Die Verwaltung und die öffentliche Infrastruktur, die Krankenversicherung und die Sozialversicherungen sowie weitere Arten von Versicherungen sind dem Bereich «öffentliche Dienste und Versicherungen» zugeordnet.



**Öffentliche Dienste und Versicherungen**

Dieser Konsumbereich beinhaltet die Energieausgaben und die Umweltwirkungen der öffentlichen Dienste (Bau und Unterhalt von Schulen, Verwaltung, Polizei, Armee, Forschung) sowie von Versicherungen wie Krankenversicherung und Sozialversicherungen. Dieser Konsumbereich wurde weniger detailliert behandelt als die andern, da der einzelne Konsument die öffentlichen Ausgaben nur in geringem Masse zu beeinflussen vermag. Die Umweltwirkung wurde deshalb einfach auf die Gesamtbevölkerungszahl umgerechnet.

**Präzisierungen zur Zuteilung von Einzelfällen**

Gewisse Produkte, Tätigkeiten oder Dienstleistungen können verschiedene Bereiche betreffen. Deshalb mussten sie auf pragmatische Weise einer einzigen Kategorie zugeordnet werden. Tabelle 1 zeigt die getroffene Wahl in den drei Fällen Güter- und Personenverkehr, elektrische Haushaltgeräte und Heizung.

Tabelle 1: Zuteilung von Verkehr, elektrischen Haushaltgeräten und Heizung zu den fünf Konsumbereichen.

Konsumbereich	Besondere Elemente		
	Güter- und Personenverkehr	Elektrische Haushaltgeräte	Heizung
LZ: Lebenszyklus			
<b>Wohnen</b> • LZ Gebäude	Transport von Baumaterialien und Baustellenabfällen	Gebrauchsphase (Elektrizität)	Private Unterkunft
<b>Private Mobilität</b> • LZ Fahrzeug • LZ Infrastruktur	Freizeitwege und Arbeitswege		
<b>Ernährung</b> • LZ Nahrungsmittel	Transporte von Nahrungs- und Futtermitteln		
<b>Konsumgüter und Dienstleistungen</b> • LZ Produkte und Dienstleistungen	Einkaufswege	Herstellung und Entsorgung	Büros/Produktionsstätten
<b>Öffentliche Dienste und Versicherungen</b> • LZ Dienstleistungen	Dienstfahrten		Öffentliche Gebäude

## 2 Wichtigste Umweltwirkungen des Konsums in der Schweiz

Die Beurteilung der Umweltwirkungen und der Kosten des Konsums einer Einwohnerin oder eines Einwohners der Schweiz erfordert eine Kombination verschiedener methodischer Ansätze. Nur so können möglichst viele Umweltwirkungen berücksichtigt werden – unabhängig vom Ort, wo sie entstehen. Die vorliegende Studie trägt also den landesweiten Aktivitäten in ihrer Gesamtheit Rechnung und umfasst sowohl die im Inland produzierten und konsumierten Güter und Dienstleistungen wie auch jene, die aus dem Ausland stammen, mit andern Worten den Austausch von Gütern und Dienstleistungen. Dieser gewinnt angesichts der wachsenden Globalisierung zusehends an Bedeutung. Die Studie betrachtet demnach ein komplexes System, das neben der Schweiz auch die Aktivitäten im Ausland erfasst, die auf den einheimischen Konsum zurückzuführen sind. Damit nicht dieselben Faktoren mehrfach verbucht werden, müssen klare Abgrenzungen vorgenommen werden.

### 2.1 Methode der Wirkungsabschätzung

Um eine möglichst umfassende Übersicht zu erhalten, kommen diverse Instrumente der Ökobilanzierung zum Einsatz, die einen unterschiedlichen Detaillierungsgrad aufweisen und verschiedene Produkte abdecken. Es handelt sich dabei um die Ökobilanzierung (1.), um Inventare der Gesamtemissionen (2.) und um die erweiterte Input-Output-Analyse (3.).

#### Ökobilanzen und Statistiken

1. Gleichzeitige Verwendung der Verbrauchsstatistiken für gewisse Produkte und der Ökobilanzen jedes einzelnen Produkts. Die Gesamtwirkung wird durch Addieren der einzelnen Ökobilanzen ermittelt. Diese Vorgehensweise ist zwar sehr detailliert und genau, hat aber den Nachteil, dass sie nicht umfassend ist (es lassen sich unmöglich sämtliche Konsumgüter abdecken).

#### Inventar der Gesamtemissionen

2. Berechnung der Gesamtemissionen in Wasser, Luft und Boden in der Schweiz. Hier gilt es, die Emissionsquellen zu eruieren und davon die von aussen kommenden Einträge abzuziehen. Dieser Ansatz dient insbesondere der Überprüfung und Konsolidierung der mit dem erstgenannten Instrument erhaltenen Ergebnisse.

#### Erweiterte Input-Output-Analyse

3. Verwendung von wirtschaftlichen Produktionsdaten nach dem Modell von Leontief und von Emissionsfaktoren in einer monetären Einheit<sup>3</sup>, aufgeschlüsselt nach Industriesektor. Hier werden zum einen die für den schweizerischen Verbrauch und die für den Export bestimmten Produkte unterschieden und zum andern auch die Importe berücksichtigt.

---

<sup>3</sup> Vgl. z. B. HERTWICH [2005].

### 2.1.1 Grenzen des untersuchten Systems

- Zeitliche Abgrenzung** Die Verbrauchsbilanz wird jeweils für ein Jahr erstellt. Die Referenzjahre für die Umweltdaten erstrecken sich von 2000 bis 2005 und für die Wirtschaftsdaten von 2002 bis 2005. Die Statistiken der Haushaltsausgaben in der Schweiz stammen aus dem Jahr 2002 [BFS, 2003].
- Räumliche Abgrenzung** Die Studie stützt sich vorwiegend auf das Alltagsleben und den Durchschnittsverbrauch einer in der Schweiz wohnhaften Person. Die räumlichen Grenzen des Systems stimmen nicht mit den Landesgrenzen überein, da gewisse Umweltwirkungen im Ausland stattfinden. Dies ist etwa beim Energieverbrauch für die Herstellung von Importprodukten der Fall, beispielsweise bei der Textilherstellung in Indien.

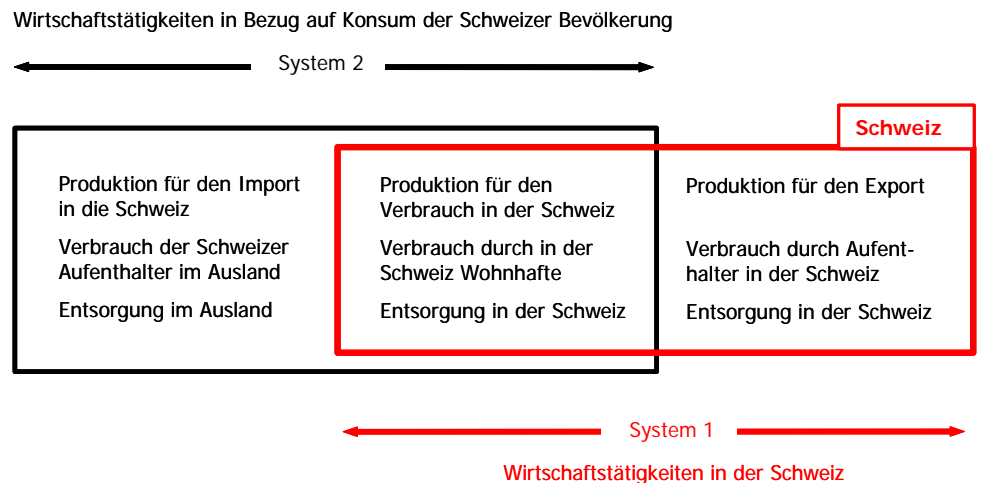


Abbildung 1: Räumliche Abgrenzung des untersuchten Systems (in Anlehnung an WILTING [2003]).

System 1 in Abbildung 1 entspricht dem Geltungsbereich der gängigen nationalen Inventare zu den Umweltaspekten. System 2 entspricht der Reichweite der Ökobilanzen, welche auch die importierten Produkte und Dienstleistungen abdecken. Bei der Wirkungsabschätzung des schweizerischen Konsums wurden beide Systeme in Betracht gezogen.

- Funktionale Einheit** Die funktionale Einheit ist eine Grösse, welche die Funktion des Systems quantifiziert und als Grundlage für den Vergleich der Szenarien untereinander dient. Für diese Studie wird sie wie folgt definiert:

**«Die Menge M von Gütern und Dienstleistungen, die zur Deckung der Konsumentennachfrage in der Schweiz erforderlich ist.»**

In den Fallstudien werden die Ergebnisse pro Person und Jahr dargestellt, was dem Resultat pro funktionale Einheit geteilt durch die Anzahl Einwohner der Schweiz entspricht.

## 2.1.2 Umweltwirkungen und -indikatoren

### Zuverlässigkeit der Umweltdaten

Um die Vergleichbarkeit der Wirkungen verschiedener Produkte und Dienstleistungen im Rahmen einer quantitativen Untersuchung zu gewährleisten, ist ein gemeinsamer Nenner unabdingbar. Die nicht erneuerbare Primärenergie und der CO<sub>2</sub>-Ausstoss sind die bekanntesten Grössen. Sie sind am einfachsten zu quantifizieren und deshalb auch die zuverlässigsten. Für den Fall, dass andere Umweltwirkungen eine entscheidende Rolle spielen könnten, wurde die Studie – sofern entsprechende Daten verfügbar waren – mit spezifischeren Indikatoren ergänzt. Die verschiedenen Wirkungskategorien sind im Glossar näher erläutert. Die Daten zum Wasserverbrauch und zur Abfallmenge sind lückenhaft. Durch Addieren des Gewichts aller verschiedenen Abfallarten lässt sich kein aussagekräftiges Resultat ermitteln. Die in dieser Studie durchgehend für die Nutzenergie verwendete Masseinheit ist Gigajoule (GJ) nicht erneuerbare Primärenergie.

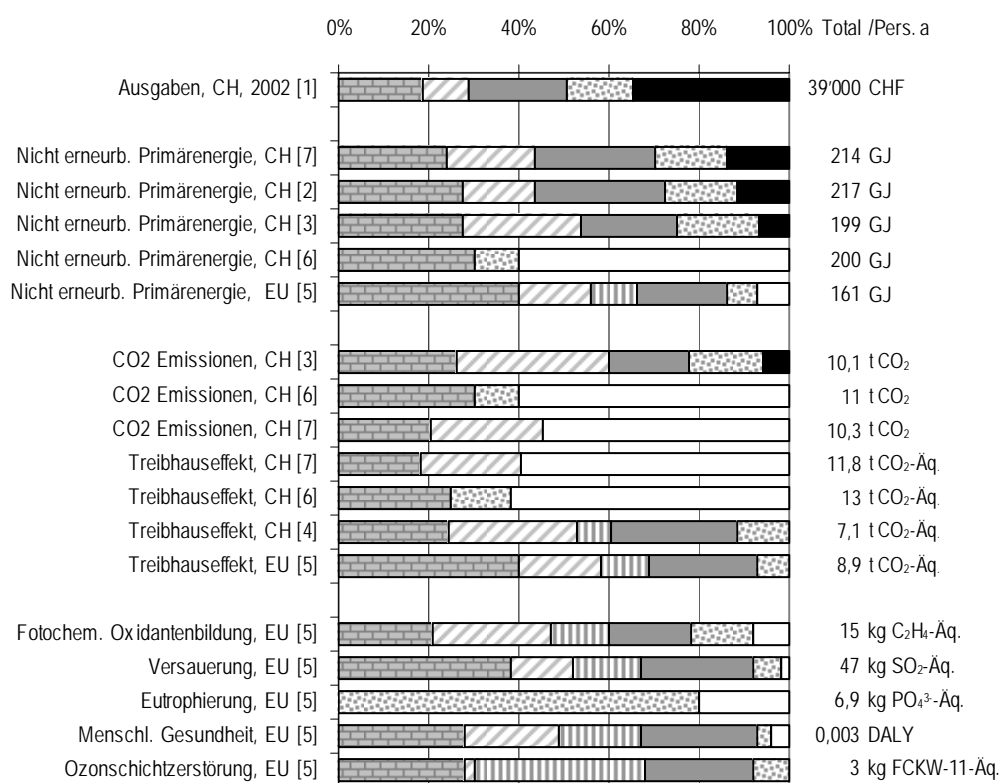
### Wirkungsabschätzung

Für die Abschätzung von Umweltwirkungen kommen hauptsächlich die Methode «Impact 2002+» [JOLLIET, 2004] und die «Methode der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren 1997» [BRAUNSCHWEIG ET AL., 1998] zur Anwendung (Beschreibung siehe Anhang 1). Dabei handelt es sich um zwei Methoden, die zahlreiche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, die Qualität der Ökosysteme, die Ressourcen und das Klima berücksichtigen.

## 2.2 Gesamtergebnisse und Resultate nach Konsumbereichen

### 2.2.1 Überblick über die vorhandenen Ergebnisse

Die Ergebnisse vorhandener Forschungsarbeiten sind in Abbildung 2 enthalten. Sie sind nach den fünf Konsumbereichen aggregiert, die für diese Studie ausgewählt wurden. Die Darstellung zeigt das Verhältnis, in dem die fünf Konsumbereiche zu den verschiedenen Kategorien von Umweltwirkungen beitragen (pro Jahr und Person).



#### Literaturangaben:

- [1] BFS, 2003
- [2] NICOLLIER, 2000
- [3] ECOSPEED SA, 2004
- [4] BAFU, 2005
- [5] BIOINTELLIGENCE SERVICES, 2003
- [6] JUNGLUTH, 2004
- [7] Schätzungen KAENZIG ET AL.

#### Legende:

- Wohnen
- ▨ Private Mobilität
- ▩ Güterverkehr und Dienstfahrten
- Konsumgüter und Dienstleistungen
- ▨ Ernährung
- Öffentliche Dienste und Versicherungen
- Nicht näher bestimmt

Abbildung 2: Umweltwirkungen der fünf Konsumbereiche (pro Person und Jahr). Vergleich der Ergebnisse aus verschiedenen Untersuchungen. Wirkungskategorien und Masseinheiten sind in Anhang 1 erklärt.

## Vergleich

Was die Umweltwirkungen und den Verbrauch von Primärenergie pro Person und Jahr anbelangt, so decken sich die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen mehr oder weniger. Es zeigt sich, dass sich die Ausgaben nicht direkt proportional zum Energieverbrauch und zu den Umweltwirkungen verhalten. Die monetären Ausgaben lassen keine Rückschlüsse über die Umweltwirkungen zu und sind demnach kein massgebliches Element, wenn es um Veränderungen hin zu einem umweltbewussteren Verhalten der Konsumentinnen und Konsumenten geht.

Der Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie beträgt in der Schweiz rund 214 GJ pro Person und Jahr. Er entspricht somit dem Durchschnitt der westeuropäischen Länder [ECOSPEED SA, 2004; NICOLLIER, 2001; HERTWICH 2005]. In den Vereinigten Staaten ist er ungefähr 70 Prozent höher, während er in China schätzungsweise fünfmal tiefer liegt (siehe Anhang 4).

Wohnen und Verkehr (private Mobilität und Güterverkehr) sind für nahezu die Hälfte des Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie verantwortlich, genauso wie für die entsprechenden Auswirkungen wie Treibhauseffekt, Versauerung, fotochemische Oxidantenbildung – und dies hauptsächlich während der Gebrauchsphase. Auch der Anteil der Konsumgüter und Dienstleistungen ist beträchtlich, wenn sämtliche Wirkungen in Zusammenhang mit der Produktionskette und dem Gebrauch sowie der Entsorgung berücksichtigt werden. Die Ernährung ihrerseits verursacht – vorwiegend in der Produktionsphase – einen grossen Teil der Eutrophierungswirkung.

Die Zahlen in der rechten Spalte stellen überdies eine interessante Referenz dar: Sie drücken die durchschnittlichen Emissionen pro Person und Jahr für jede Wirkungskategorie aus.

## Nationale Inventare

Die Untersuchungen, die sich auf nationale Inventare abstützen, weisen in der Regel tiefere Werte als die «Ökobilanzen» aus, da sie weder die Importe noch den Luftverkehr berücksichtigen. Allerdings sind der Ressourcenverbrauch sowie die von der Herstellung von Waren und Dienstleistungen ausgehenden Emissionen für einen bedeutenden Teil der Pro-Kopf-Wirkungen verantwortlich. Rund zehn Prozent der in der Schweiz pro Person und Jahr ausgestossenen Mengen an CO<sub>2</sub> gehen beispielsweise auf das Konto des Luftverkehrs [KAUFMANN, 2001].

## Verhältnis CO<sub>2</sub>-Emissionen/Primärenergie

Der Zusammenhang zwischen dem Verbrauch von nicht erneuerbarer Primärenergie und den CO<sub>2</sub>-Emissionen ist verifiziert worden. Er stützt sich auf das Verhältnis Gramm CO<sub>2</sub>/MJ, das typische Werte nach Herkunft der betrachteten Energiequelle darstellt. Die in der Schweiz produzierte Elektrizität (60 % Wasserkraft, 37 % Kernkraft) zum Beispiel hat ein Verhältnis von 2 g CO<sub>2</sub>/MJ und europäischer Strom ein solches von 20 g CO<sub>2</sub>/MJ, während fossile Brennstoffe typischerweise zwischen 60 und 70 g CO<sub>2</sub>/MJ aufweisen. Logischerweise liegt das Verhältnis für die Schweiz unter dem europäischen Durchschnitt, da hier der Anteil der mittels Kern- und Wasserkraft produzierten Energie hoch ist.

## 2.2.2 Umweltwirkung, Energie- und Konsumausgaben

Der schweizerische Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie beträgt rund 214 GJ pro Person und Jahr. Gemäss Einkommens- und Verbrauchserhebung bezüglich Haushaltsausgaben in der Schweiz im Jahre 2002 betragen die gesamten Konsumausgaben pro Person und Jahr 39 000 Franken [BFS, 2003]. Abbildung 3 wurde anhand der in Kapitel 2.1 beschriebenen Instrumente der Ökobilanzierung erarbeitet. Sie zeigt zusammenfassend das Verhältnis eines Umweltindikators beziehungsweise der Energieausgaben zu den Kosten auf (für Zahlenwerte siehe Anhang 5). Als Faustregel für die Interpretation dieser Art von Darstellung gilt: Je flacher das Rechteck, desto kleiner die Umweltwirkung oder der Verbrauch von nicht erneuerbarer Energie pro ausgegebenem Franken.

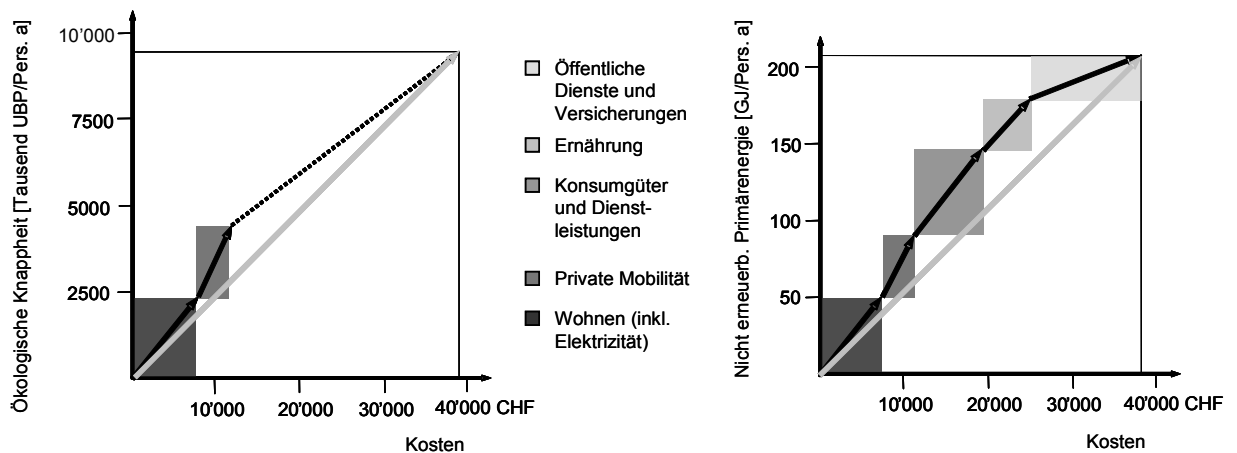


Abbildung 3: Darstellung des Verhältnisses von Kosten und Umweltwirkung bzw. von Kosten und Energieverbrauch nach Konsumbereich pro Person und Jahr in der Schweiz (Abschätzungen hauptsächlich basierend auf ECOINVENT [2005], BFS [2003] und NICOLLIER [2001]). Die Zahlenwerte sind in Anhang 5 enthalten.

Die private Mobilität verursacht hohe Energieausgaben bei niedrigen Kosten – im Gegensatz zu den öffentlichen Diensten und Versicherungen, die im Vergleich zu den verursachten Ausgaben verhältnismässig wenig Energie konsumieren. Die Nahrungsmittelherstellung verbraucht nahezu gleich viel Energie wie die private Mobilität. Im Ernährungsbereich bezieht sich die bedeutendste Umweltwirkung allerdings auf den Flächenverbrauch und auf die Auswirkungen der Landwirtschaft wie zum Beispiel die Eutrophierung oder die Zerstörung fruchtbarer Landwirtschaftsböden.

Die Abschätzung der Umweltwirkungen in Umweltbelastungspunkten (UBP) zeigt für die Bereiche Wohnen und private Mobilität ähnliche Tendenzen. Mangels Daten konnten die anderen Bereiche nicht vollumfänglich beurteilt werden (vgl. Abb. 3). Die gesamte Umweltwirkung (rund 9430 UBP pro Person und Jahr) wurde anhand der Abschätzungen von BRAUNSCHWEIG ET AL. [1998] berechnet. Dieser Wert berücksichtigt die Emissionen und den Energieverbrauch der Schweiz (vgl. Anhang 1). Sie trägt demnach der Umweltwirkung der exportierten Produkte Rechnung, nicht aber der Umweltwirkung der Importe (vgl. System 1 in Abb. 1).

### 2.2.3 Energieverbrauch und Umweltwirkungen nach Konsumbereich

#### Wohnen

Der Bereich Wohnen weist beträchtliche Umweltwirkungen auf. Die Heizung und die elektrischen Haushaltapparate beanspruchen einen Grossteil (zwischen 25 und 40 % je nach Fläche und thermischer Qualität eines Gebäudes) der insgesamt pro Kopf verbrauchten **nicht erneuerbaren Primärenergie**. Die **Baumaterialien** machen rund 50 Prozent der verwendeten Stoffe aus [FAIST EMMENEGGER ET AL., 2003]. Auch die Umweltwirkungen im Bereich **menschliche Gesundheit** sind von Bedeutung: Die von der Stahlproduktion ausgehenden Auswirkungen sowie Mikroschadstoffe<sup>4</sup> wie etwa Schimmelsporen, Formaldehyd und Radon sind gesundheitsschädigend. Die an den Bereich Wohnen gebundenen Tätigkeiten üben einen relativ geringen Einfluss auf die Qualität der Ökosysteme aus. Es geht dabei hauptsächlich um den **Bodenverbrauch und die Zerstückelung der Ökosysteme** (eine detaillierte Abschätzung ist in Anhang 6 enthalten).

#### Private Mobilität

In der **Gebrauchsphase** ist die private Mobilität (ohne Dienstfahrten) verantwortlich für einen Fünftel des Verbrauchs an **nicht erneuerbarer Primärenergie** pro Person und Jahr (siehe Quelle [7], Abb. 2) sowie für rund einen Viertel des **gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstosses** (siehe Quelle [7], Abb. 2). Weil sie Emissionen von Stickoxid verursacht sowie Feinstaub und weitere Luftschadstoffe produziert, schadet die Mobilität der **menschlichen Gesundheit**. Die Infrastruktur (Strassen, Eisenbahnstrecken) beansprucht einen nicht zu vernachlässigenden Teil der Bodenfläche der Schweiz und trägt zur **Zerstückelung der Ökosysteme** bei, das heisst, sie zerschneidet und fragmentiert die natürlichen Lebensräume. Die Auswirkungen von **Lärm** und **Unfällen** sind ebenfalls von grosser Bedeutung, doch werden sie hier nicht näher untersucht.

Die Umweltwirkung der privaten Mobilität hängt sowohl von der zurückgelegten Distanz als auch vom gewählten Verkehrsmittel ab. Die mit dem Auto gefahrenen Distanzen machen 57 Prozent aller Personenkilometer aus, per Flugzeug sind es 15 und per Bahn zwölf Prozent (siehe Anhang 7, Tab. 21). Anders als bei der Bahn sind die proportionalen Anteile von Flugzeug und Auto an der gesamten Umweltwirkung allerdings höher als der prozentuale Anteil an den Personenkilometern, die sie darstellen (siehe Anhang 7, Abb. 22). Der Umweltwirkung der jeweiligen Transportmittel liegen verschiedene Ursachen zu Grunde: Bei der Bahn sind in erster Linie die Infrastrukturen für die Wirkung verantwortlich, beim Strassenverkehr und beim Flugverkehr hingegen entsteht diese während der Gebrauchsphase.

#### Konsumgüter und Dienstleistungen

Die Analyse des Bereichs Konsumgüter und Dienstleistungen gehört zu den komplexeren Untersuchungen, da jeweils sämtliche Lebenszyklusphasen (Erwerb, Gebrauch, Verbraucherverhalten und Entsorgung) in Bezug auf die Umweltwirkung ausschlaggebend sein können. Ausserdem handelt es sich dabei um einen **heterogenen** Bereich, der sich aus einer Vielzahl von Produkten und Dienstleistungen mit ganz unterschiedlichen Eigenschaften und Umweltwirkungen zusammensetzt. Ganz allgemein lassen sich Produkte nach folgenden Kriterien einordnen:

<sup>4</sup> Die Auswirkung von Mikroschadstoffen im Bereich Wohnen (Schimmelsporen, Formaldehyd, Radon usw.) auf die menschliche Gesundheit ist nicht quantifiziert worden.



- **passiv oder aktiv:** Ein Produkt gilt als passiv, wenn es in der Gebrauchsphase nur wenig Energie oder Rohstoffe verbraucht. Die Umweltwirkung passiver Produkte wird bestimmt durch ihre Zusammensetzung und die Mengen der verwendeten Stoffe sowie ihre Gebrauchsdauer. Ein Produkt ist aktiv, wenn es hauptsächlich während seiner Gebrauchsphase Energie oder Rohstoffe verbraucht. Der grösste Handlungsspielraum besteht also auf dieser Ebene, und der Schlüsselparameter ist in der Regel die Energieeffizienz.
- **standortgebunden oder mobil:** Ein Produkt wird als mobil bezeichnet, wenn der Transport einen bedeutenden Anteil an seinem gesamten Energieverbrauch darstellt. Bei derartigen Produkten ist die Gewichtsreduktion wesentlich, zum Beispiel bei Autobestandteilen und Produkten mit langen Transportwegen.

Tabelle 2: Wirkungen der Lebenszyklusphasen verschiedener Produkttypen (passiv / aktiv / mobil) und Schlüsselparameter für ihre Umweltperformance.

Produkteigenschaften	Wirkung der Lebenszyklusphase			Schlüsselparameter	Beispiele	
	Herstellung	Gebrauch	Entsorgung			
• Passiv	+	–	+	Gebrauchsdauer, Qualität, Recycling	Schmuck, Teppiche, Papier	
• Aktiv	+	++	+	Energieertrag, Verbraucherverhalten	Kühlschrank, Heizungsanlagen, Fenster eines geheizten Gebäudes	
• Mobil und/oder transportiert	+	++	+	Gewicht, Volumen und Transportdistanz	Autobestandteil, Postpaket	
	++	sehr bedeutend				
	+	bedeutend				
	–	unbedeutend				

Gewisse Produkte können je nach Kontext unterschiedliche Eigenschaften annehmen, wobei die Umweltwirkungen der jeweiligen Phasen untereinander vergleichbar sind. So ist beispielsweise ein beruflich genutzter Rasenmäher ein aktives Produkt, während er in der privaten Verwendung mit lediglich ein paar wenigen Einsatzstunden pro Jahr zum passiven Produkt wird.

Die Umweltwirkung eines Produkts variiert je nach dessen Eigenschaften: Passive Produkte sind während der Herstellungs- und der Entsorgungsphase umweltwirksam, aktive Produkte sind dies insbesondere in der Gebrauchsphase. Mobile Produkte hingegen verursachen Umweltwirkungen hauptsächlich während des Transports.

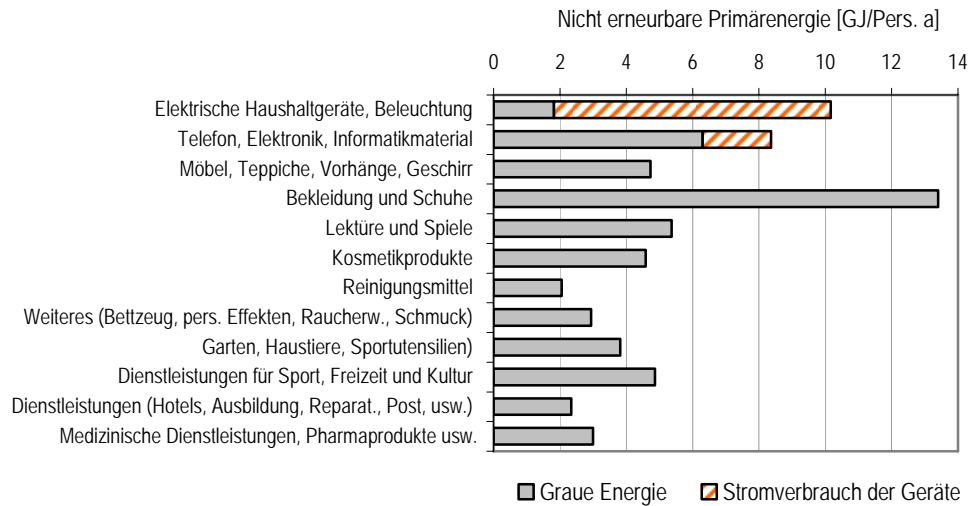


Abbildung 4: Schätzung des Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie für die Herstellung und die Bereitstellung verschiedener Gruppen von Konsumgütern und Dienstleistungen (Berechnungen basierend auf NICOLLIER [2000], BFS [2003] und HOFER [2002]).

Die graue Energie, das heisst die während der Herstellung und bei der Bereitstellung verbrauchte Energiemenge, ist bei den meisten Produkten höher als die in der Gebrauchsphase konsumierte Energie. Diese Tendenz ist noch ausgeprägter, wenn die Umweltwirkungen mit berücksichtigt werden. In diesem Falle überwiegen die **Herstellungs- und die Entsorgungsphase** bei der Mehrheit der Wirkungskategorien. Hinzu kommt, dass die Entsorgung von Produkten, die aus verschiedensten, unter anderem auch umweltschädlichen Stoffen bestehen, häufig kompliziert ist und eine stärkere Umweltwirkung pro Einheit aufweist als beispielsweise die Entsorgung von Baustoffen, die nur aus einem Material bestehen.

## Ernährung

Die Ernährung ist für einen wesentlichen Teil der Umweltwirkungen verantwortlich. Es ist dies ein sehr heterogener Bereich mit je nach Jahreszeit und Herkunft variierenden Produkten. Daher ist es auch sehr schwierig, seine vorwiegend mit der **landwirtschaftlichen Produktion** einhergehende Umweltwirkung genau zu quantifizieren. Der Bereich Ernährung beansprucht am meisten Boden und Wasser und hat die stärksten Auswirkungen auf die Qualität der Ökosysteme und die Artenvielfalt: **Zerstückelung und Veränderung der Ökosysteme** auf Grund des **Bodenverbrauchs**, **Eutrophierung** der Gewässer wegen des Einsatzes von Düngern, Verschlechterung der Qualität von Grundwasser und Oberflächengewässern infolge Verwendung von Pflanzenschutzmitteln.

**Öffentliche Dienste und Versicherungen**

Die öffentlichen Dienste beanspruchen zahlreiche Produkte und Dienstleistungen aus den andern vier Bereichen, die über eine verhältnismässig komplexe Zulieferkette bereitgestellt werden. Verbesserungsszenarien für diesen Konsumbereich lassen sich demnach aus den Abschätzungen für die andern Bereiche herleiten.

Da der einzelne Konsument nur einen geringen direkten Einfluss auf diesen Bereich nehmen kann, wird er weniger detailliert behandelt als die andern Bereiche. Der Einfachheit halber wird die Wirkung auf die Bevölkerungszahl umgerechnet.

**Übersichtstabelle**

Tabelle 3: Übersichtstabelle: Umweltwirkungen nach Bereich und nach Lebenszyklusphase.

Bereich	Wirkung nach Lebenszyklusphase		
	Herstellung	Gebrauch	Entsorgung
Wohnen <sup>1)</sup>			
Private Mobilität <sup>1)</sup>			
Konsumgüter und Dienstleistungen	<sup>2)</sup>	Aktive Produkte <sup>3)</sup>	<sup>2)</sup>
		Passive Produkte <sup>2)</sup>	
Ernährung <sup>4)</sup>			
Öffentliche Dienste und Versicherungen <sup>5)</sup>			

<b>Legende:</b>	Sehr bedeutend	Bedeutend	Sekundär	Unbedeutend
-----------------	----------------	-----------	----------	-------------

- <sup>1)</sup> Abschätzung basierend auf ECOINVENT [2005] und weiteren Quellen.
- <sup>2)</sup> Abschätzung basierend auf NICOLLIER [2000], ECOINVENT [2004 und 2005], ROTH [1999] und BIOINTELLIGENCE SERVICES [2003].
- <sup>3)</sup> Abschätzung basierend auf den unter (2) erwähnten Referenzen sowie HOFER [2002].
- <sup>4)</sup> Abschätzung basierend auf JUNGBLUTH [2004] und WILTING [2002, 2004]
- <sup>5)</sup> Schätzungen basierend auf erweiterten Input-Output-Analysen, GREENPEACE SCHWEIZ / TOURING-CLUB SCHWEIZ [1992].

**Zusammenfassung**

In den Konsumbereichen «private Mobilität» und «Wohnen» und bei den aktiven Produkten ist die Gebrauchsphase für den grössten Teil der Umweltwirkungen verantwortlich. Im Bereich «Ernährung» ist es die Herstellungsphase. Sind hingegen toxische Stoffe vorhanden, wird die Entsorgung der Produkte – wenn sie nicht korrekt erfolgt – zur wichtigsten Phase in Bezug auf die Umweltwirkungen. Dies zeigt, wie wichtig es ist, Umweltschutzmassnahmen direkt an der Quelle zu ergreifen.

# 3 Analyse der Schlüsselentscheide und Szenarien für einen umweltbewussten Konsum

Nach der Präsentation erster Ergebnisse zur Ökobilanz der Schweizer Konsumentinnen und Konsumenten in Kapitel 2 geht es im folgenden Schritt darum, aus der Vielzahl von Entscheiden, die von Konsumierenden und anderen Akteuren getroffen werden, jene herauszukristallisieren, die die Umweltbilanz entscheidend beeinflussen: die «Schlüsselentscheide».

In diesem Kapitel werden verschiedene Beispiele für ein umweltbewusstes Konsumverhalten anhand von Szenarien illustriert. Diese Szenarien gehen vom durchschnittlichen Konsum in der Schweiz aus und haben somit für alle Konsumentinnen und Konsumenten Gültigkeit. Sie stehen mit den Lebensgewohnheiten des heutigen Schweizer Konsumenten mehrheitlich im Einklang. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die Szenarien auf Überlegungen der Verfasser dieser Publikation beruhen und nicht zwangsläufig die strategische Haltung des BAFU widerspiegeln.

## 3.1 Vorgehen und Überblick

### 3.1.1 Schlüsselentscheide

Schlüsselentscheide

Die Entscheide der beteiligten Akteure in einer bestimmten Phase des Lebenszyklus eines Produkts können dessen Umweltwirkungen massgeblich beeinflussen. Die Kaufentscheide beispielsweise bestimmen das Angebot der Hersteller und somit zum Teil auch ihre Produktionsmethoden sowie die Art der Abfälle, die es später zu entsorgen gilt. Die Konsumhandlung selbst lässt sich in drei Schritte zerlegen: den Erwerb eines Gutes, seinen Gebrauch und seine Entsorgung. Die Entscheidungen, die in den einzelnen Phasen getroffen werden, beeinflussen die Umweltwirkung des Produkts über seinen gesamten Lebenszyklus hinweg: Kauf oder Miete, häufiger oder nur gelegentlicher Gebrauch, lange oder kurze Gebrauchsdauer, zweckmässige oder unsachgemässe Entsorgung.

Überblick über die Schlüsselentscheide

Für jeden der fünf Konsumbereiche werden die für die Ökobilanz massgeblichen Entscheide in einer Umwelt-Entscheidungsmatrix dargestellt. Tabelle 4 nennt für jeden Konsumbereich die wichtigsten Schlüsselentscheide, die Phase, in der sie getroffen werden (Herstellung, Erwerb, Gebrauch oder Entsorgung), sowie den Grad ihres Einflusses (stark bis sehr gering) auf die gesamthafte Umweltwirkung einer Person pro Jahr. Die Schlüsselakteure werden ebenfalls aufgeführt. Berücksichtigt wurden jene Entscheidungen, die einen starken Einfluss auf die Umweltwirkung ausüben und die hauptsächlich von den Konsumentinnen und Konsumenten getroffen werden, sowie an sich weniger folgenschwere, dafür aber von einer Vielzahl von Personen gefällten Entscheidungen. Tabelle 4 versteht sich als Zusammenfassung der vier Umwelt-Entscheidungsmatrices in den Abschnitten 3.2 bis 3.5, die für jeden Konsumbereich den Einfluss der Schlüsselentscheide auf die Ökobilanz aufzeigen.

Umwelt-Entscheidungsmatrices

In den Umwelt-Entscheidungsmatrices (cf. Tabellen 5, 8, 10 und 11) werden in der zweiten Spalte alle Schlüsselentscheide aufgeführt, die im Laufe des gesamten Lebenszyklus getroffen werden. Die Zeilen der Matrix zeigen, welchen Einfluss diese Entscheide auf die Ökobilanz in den einzelnen Lebenszyklusphasen ausüben.

Tabelle 4: Überblick über die Schlüsselentscheide und Schlüsselakteure im Hinblick auf einen umweltverträglicheren Konsum. Die einzelnen Schlüsselentscheide werden der Phase zugeordnet, in der sie getroffen werden (Herstellung – Erwerb – Gebrauch – Entsorgung).

Konsumbereich	Schlüsselphasen <sup>5</sup>				Schlüsselentscheide	Schlüsselakteure
	Entscheide in der Herstellungsphase	Entscheide beim Erwerb	Entscheide in der Gebrauchsphase	Entscheide bei der Entsorgung		
<b>Wohnen</b>	▼	▼	▼		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thermische Qualität (Dämmung usw.)</li> <li>• Wahl der Baumaterialien, Bau</li> <li>• Flächen (m<sup>2</sup>/Pers.)</li> <li>• Energiequellen</li> <li>• Verhalten bei Gebrauch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauführer, Architekt</li> <li>• Staat (Vorschriften, finanzielle Anreize)</li> <li>• Käuferinnen und Käufer, Konsumierende</li> </ul>
<b>Private Mobilität</b>	▼	▼	▼		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsmittel</li> <li>• Fahrzeugart und Motortechnologie</li> <li>• zurückgelegte Kilometer</li> <li>• Besetzungsgrad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Staat (Vorschriften, finanzielle Anreize)</li> <li>• Käuferinnen und Käufer, Konsumierende</li> </ul>
<b>Konsumgüter und Dienstleistungen</b>	▼	▼	▼	▼	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menge der konsumierten (erworbenen) Güter und Dienstleistungen</li> <li>• Qualität, Güter mit Label</li> <li>• Energie- und Ressourcenverbrauch der Güter</li> <li>• Gebrauchsdauer</li> <li>• Recycling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Staat (Vorschriften, finanzielle Anreize)</li> <li>• Hersteller</li> <li>• Käuferinnen und Käufer, Konsumierende</li> </ul>
<b>Ernährung</b>	▼	▼	▼	▼	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anbaumethode und Landbeanspruchung</li> <li>• Verzehr pflanzlicher anstatt tierischer Erzeugnisse</li> <li>• Jahreszeit (beheiztes Gewächshaus) und Herkunft (Transport auf dem Luftweg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Staat (Vorschriften, finanzielle Anreize)</li> <li>• Produzenten</li> <li>• Käuferinnen und Käufer, Konsumierende</li> </ul>
<b>Legende:</b>	Starker Einfluss		Mittlerer Einfluss		Geringer Einfluss	

<sup>5</sup> Für die Zwecke der vorliegenden Publikation bezeichnet der Begriff «Schlüsselphase» eine Phase im Lebenszyklus von Gütern und Dienstleistungen, in der die Schlüsselentscheide getroffen werden, die die Umweltbilanz massgeblich beeinflussen.

Ein Beispiel: Im Bereich Wohnen wirken sich die Entscheide betreffend thermische Qualität, Gebäudehüllfläche und Baumaterialien ganz erheblich auf die Ökobilanz in der Gebrauchsphase aus (cf. Tabelle 5). Der Einfluss einer Entscheidung auf die Ökobilanz wird anhand einer Kardinalskala gemessen, die die prozentuale Verbesserung bzw. Verschlechterung der Bilanz im Vergleich zum durchschnittlichen Konsum eines Einwohners der Schweiz angibt. Bei diesen Prozentangaben handelt es sich zum Teil um summarische Schätzungen, namentlich in Bezug auf Konsumgüter und Dienstleistungen.

Im Bereich **Wohnen** wirken sich die Entscheidungen beim Bau und beim Erwerb ganz erheblich auf die Umweltwirkung während der Gebrauchsphase aus. Die Wohnfläche pro Person oder die thermische Qualität des Gebäudes und der Baumaterialien bestimmen in bedeutendem Umfang den Heizenergieverbrauch während der Nutzung. Auch das individuelle Wohnverhalten kann die Umweltwirkung vermindern oder verstärken, je nachdem, wie oft und wie lange die Fenster geöffnet bleiben, wie viel Warmwasser gebraucht wird, welche Raumtemperatur gewählt wird usw.

Bei der **privaten Mobilität** wirken sich vor allem die Entscheidungen in Bezug auf die zurückgelegten Distanzen und die Häufigkeit der Wege aus, gefolgt von der Wahl des Verkehrsmittels und dem Besetzungsgrad. Die Wahl des Fahrzeugtyps impliziert auch die Wahl einer bestimmten Motortechnologie, die wiederum für die Höhe der Emissionen ausschlaggebend ist.

Da die Umweltwirkung pro produzierte Einheit mehr oder weniger konstant bleibt, ist im Bereich der **Konsumgüter** die gekaufte Menge eines Produkts grundsätzlich einer der wichtigsten Faktoren. Bei der Analyse anderer Schlüsselentscheide ist zwischen aktiven, passiven und mobilen Produkten zu unterscheiden: Die Umweltwirkung **passiver Produkte** entsteht vor allem bei der Herstellung und bei der Entsorgung. Hier spielen insbesondere die Entscheidungen des Herstellers zum Zeitpunkt der Produktion eine bestimmende Rolle. Durch die Wahl von Qualitätsprodukten mit langer Lebensdauer und durch einen schonenden Gebrauch können aber auch die Konsumentinnen und Konsumenten das Angebot mitgestalten und dazu beitragen, die gesamthafte Umweltwirkung passiver Produkte zu vermindern. Bei den **aktiven und mobilen Produkten** sind die Entscheide des Herstellers für die Umweltwirkung zwar ebenfalls von Belang, ausschlaggebend ist aber primär das Verhalten der Konsumierenden beim Erwerb und beim Gebrauch (Wahl eines Geräts, Dauer und Häufigkeit seiner Verwendung). Für aktive Produkte ist die Energieeffizienz ein Schlüsselfaktor; bei mobilen Produkten ist vor allem das Gewicht massgebend.

Im Bereich **Ernährung**, wo ein grosser Anteil der Umweltwirkungen in der Herstellungsphase entsteht, spielen die Entscheide der Produzenten (Anbaumethode und Landbeanspruchung) sowie des Staates eine entscheidende Rolle. Auf der Seite der Konsumierenden hat vor allem der Entscheid, Fleisch teilweise durch pflanzliche Erzeugnisse oder Milchprodukte zu ersetzen, bedeutenden Einfluss, gefolgt von den Entscheiden beim Einkauf (Art der Beförderung, saisongerechte Nahrungsmittel, Kulturen aus beheizten Gewächshäusern oder Freilandkulturen).

Die Entscheidungen der Konsumentinnen und Konsumenten über die Art der Entsorgung beeinflussen die gesamthafte Umweltwirkung der einzelnen Konsumbereiche ebenfalls. Massgebend sind indessen vor allem die Entscheidungen beim Erwerb und in der Gebrauchsphase.

### **3.1.2 Illustration umweltverträglicherer Verhaltensweisen anhand ausgewählter Szenarien**

Für jeden einzelnen Konsumbereich werden mehrere Szenarien vorgestellt, die jeweils Situationen mit realistischen Wahlmöglichkeiten abbilden. In gewissen Fällen ist die Entscheidung eines Einzelnen von Bedeutung, in anderen wiederum sind es die kumulierten Entscheide mehrerer Personen, die die Umweltwirkung eines Gutes beeinflussen: Ein Kaufentscheid mag isoliert betrachtet kaum ins Gewicht fallen, er kann aber einen wesentlichen Einfluss auf das Angebot und die Herstellung und somit auf die Umweltwirkung haben, wenn er von einer Vielzahl von Konsumentinnen und Konsumenten getroffen wird.

Die Szenarien für den Bereich Wohnen betreffen unter anderem den Bau eines Niedrigenergiehauses und die Wahl von Elektrizität aus erneuerbaren Ressourcen. In Bezug auf die private Mobilität werden Ergebnisse aus Sensitivitätsanalysen vorgestellt, die mit unterschiedlichen Distanzen, Verkehrsmitteln und Fahrzeugtypen arbeiten (verschiedene Reisedestinationen). Bei den Konsumgütern und Dienstleistungen stehen verbrauchsarme Geräte im Brennpunkt der Überlegungen, und im Bereich Ernährung wird die teilweise Substitution von Fleisch erörtert. Anschliessend werden die Einsparungen, die im Rahmen der vorteilhaftesten Szenarien erzielt werden, verglichen.

Die Beurteilung der Szenarien erfolgt anhand des Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie (GJ) und von Umweltbelastungspunkten (UBP97). Die entsprechenden Angaben werden im Text geliefert. Detaillierte Resultate nach den vier Schadenskategorien gemäss IMPACT 2002+ (Ressourcen, Treibhauseffekt, menschliche Gesundheit, Qualität der Ökosysteme) sowie Angaben über die Kohlendioxid-, Stickoxid- und Feinstaubemissionen finden sich im Anhang.

#### **Darstellungsweise**

Welche Darstellungsweise und welcher Aggregationsgrad der Resultate ideal ist, hängt vom Wissensstand der Leserinnen und Leser ab. Es sind unterschiedliche Detaillierungsgrade möglich. Zusätzlich zu absoluten Werten, die vorrangig für Expertinnen und Experten bestimmt sind, bietet die vorliegende Studie abhängig von den verfügbaren Daten auch übersichtliche grafische Darstellungen für interessierte Laien. Diese Darstellungen beruhen auf dem E2-Vektormodell [GOEDKOOP, 1999] (E2 steht für *ecology* und *economy*) und zum Teil auf dem Konzept der Energiesklaven (vgl. Anhang 4). Anhand des E2-Vektormodells können verschiedene Szenarien in Bezug auf Kosten und Umweltwirkung miteinander verglichen werden (vgl. Abb. 5). Abweichungen vom Referenzszenario können zu vier verschiedenen Situationen führen: ausschliesslich monetäre Vorteile (4. Quadrant) oder ausschliesslich ökologische Vorteile (2. Quadrant), eine Kombination monetärer und ökologischer Vorteile (1. Quadrant, Win-win-Situation) oder eine Kombination monetärer und ökologischer Nachteile (3. Quadrant, irrationale Situation).

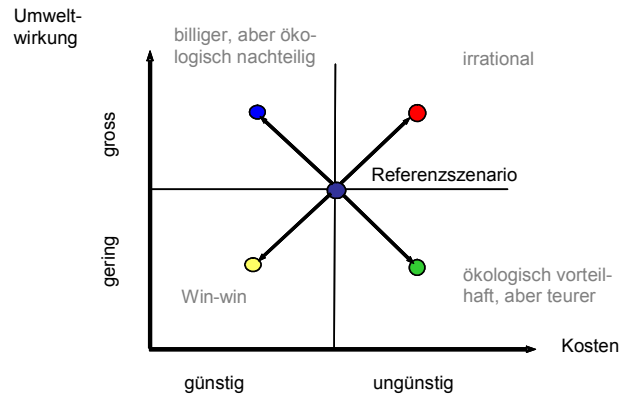


Abbildung 5: E2-Vektormodell (Ökologie – Ökonomie), das im Rahmen der Studie verwendet wird (Gegenüberstellung einer Umweltwirkung und einer ökonomischen Grösse [Kosten usw.]).

## 3.2 Wohnen

Die Umweltwirkungen des Bereichs Wohnen entstehen hauptsächlich in der Bau- und in der Gebrauchs- bzw. Nutzungsphase. Sie sind abhängig von Menge und Art der Energie, die namentlich für das Heizen und für die Stromerzeugung verbraucht wird, von Menge und Art der verwendeten Baumaterialien, von den Emissionen während der Bauphase und von den Mikroschadstoffen<sup>6</sup> in der Wohnung (vgl. auch Anhang 6). Die Schlüsselindikatoren für den Bereich Wohnen werden pro Wohnflächeneinheit und pro Person und Jahr ausgedrückt.

### 3.2.1 Schlüsselfaktoren, -akteure und -entscheide

#### Planung und Bau

Der erste Entscheid, der die Umweltwirkung beeinflusst, ist die **Standortwahl**: Sie ist ausschlaggebend für die Distanzen, die auf dem Arbeitsweg, beim Einkaufen und in der Freizeit zurückgelegt werden, für den Zugang zur Versorgung mit erneuerbaren Energien sowie für die Beschattung durch Berge und Bäume (je schattiger, desto mehr muss geheizt werden).

Den grössten Einfluss haben die Entscheidungen betreffend die **thermische Qualität**, die während der Planungs- und Bauphase anstehen. Dazu zählen beispielsweise Entscheidungen in Bezug auf die Dicke und Qualität der Dämmschicht, das Heiz- und Lüftungssystem, die Qualität der Fenster und Türen (hochisolierende Fenster und Türen können den Heizbedarf um bis zu 15 Prozent verringern), die Gebäudeform, die Raumanordnung (passive Nutzung der Sonnenenergie), den Wärmeschutz (zweckmässige Planung und Beschattungsmassnahmen) und die Lüfterneuerung. (Die Lüfterneue-

<sup>6</sup> Die Auswirkungen der Mikroschadstoffe im Wohnbereich (Schimmelsporen, Formaldehyd, Radon usw.) auf die menschliche Gesundheit wurden nicht quantifiziert.



rung ist ein Schlüsselfaktor für ein gesundes Wohnklima: Eine gute Anlage kann die Ansammlung und Bildung von Mikroschadstoffen wie Schimmelsporen verhindern, eine zu starke Lüfterneuerung ohne Wärmerückgewinnung dagegen lässt den Heizbedarf steigen.)

Aus energetischer Sicht ist das **Verhältnis zwischen Gebäudehüllfläche und nutzbarer Wohnfläche** eine entscheidende Grösse: Je kompakter das Gebäude bezogen auf eine bestimmte nutzbare Wohnfläche, desto geringer die Energieverluste nach aussen. Das Energieeinsparungspotenzial kann hier bis zu 30 Prozent betragen [FRAEFEL, 1998]. Aus dieser Sicht bieten Einfamilienhäuser generell weniger günstige Bedingungen als Mehrfamilienhäuser, denn bezogen auf das Nutzvolumen benötigen sie mehr Baumaterial und mehr Boden, und die Wärmeverluste sind höher. Allerdings kann die Ökobilanz eines Einfamilienhauses von guter thermischer Qualität weitaus vorteilhafter sein als jene einer schlecht isolierten Wohnung in einem grossen Mehrfamilienhaus. Beim letzteren Vergleich ist zu bedenken, dass das Alter des Gebäudes oft ein wesentlicher Faktor für dessen energetische Leistung ist.

Auch die Wahl der Baumaterialien und die Dauer der Bauphase (Baumaschinen, Beförderung von Materialien und Arbeitern) beeinflussen die Umweltwirkungen in einem gewissen Ausmass. Die Wahl der Materialien wird häufig nicht vom Konsumenten getroffen. Durch den Beizug von Architekten und anderen Baufachleuten, die bei der Materialwahl auch Umweltaspekte berücksichtigen, lässt sich die Ökobilanz eines Wohnhauses nicht nur während der Nutzungsphase, sondern auch während der Bau- und der Abbruchphase signifikant verbessern.

#### **Kauf und Miete einer Wohnung**

Die Umweltwirkung ist mehr oder weniger direkt proportional zur **Wohnfläche pro Person**: Je kleiner die Fläche, desto geringer die Umweltwirkung. Die Ökobilanz kann demnach durch eine optimale Konzipierung und Nutzung des Wohnraums verbessert werden: Untervermietung eines Teils des Hauses nach dem Wegzug der Kinder, Aufteilung der Wohnung usw. Auch die **Wahl des Heizsystems und der Energiequellen** wirkt sich massgeblich auf die Ökobilanz aus. Je mehr **erneuerbare Energien** zum Tragen kommen, desto vorteilhafter fällt die Bilanz aus.

#### **Wohnverhalten**

Das **Verhalten der Bewohnerinnen und Bewohner im Alltag** (gewählte Raumtemperatur, Häufigkeit und Dauer des Lüftens, Warmwasserverbrauch) ist für die Ökobilanz in der Gebrauchsphase entscheidend. Periodische Kontrollen und Instandhaltungsarbeiten zur Gewährleistung einer guten thermischen Qualität können bedeutende Einsparungspotenziale erschliessen.

Tabelle 5: Umwelt-Entscheidungsmatrix für den Konsumbereich «Wohnen».

SCHLÜSSELENTSCHEIDE UND -FAKTOREN		EINFLUSS AUF UMWELTWIRKUNG				AKTEURE UND OPTIMIERUNGSANSÄTZE		
Qualitativ:	Quantitativ: Einfluss des Entscheids auf die gesamte Umweltwirkung pro Person und Jahr	Herstellung	Transport	Gebrauch / Nutzung		Entsorgung	Akteure	Optimierungsansätze
Starker Einfluss	+++++ > +/- 20 %			Heizung	Strom			
Mittlerer Einfluss	++++ [+/- 10 % bis 20 %]							
Geringer Einfluss	+++ [+/- 4 % bis 10 %]							
Sehr geringer bzw. nicht identifizierter Einfluss	++ [+/- 2 % bis 4 %]							
	+ [+/- 0,5 % bis 2 %]							
	< +/- 0,5 %							
Herstellung	Standortwahl <ul style="list-style-type: none"> <li>Entfernung zum Arbeitsplatz, Freizeitmögl. usw.</li> <li>Geothermie, Sonneneinfall, Beschattung usw.</li> </ul>		++++ <sup>1)</sup>	++ <sup>1), 7)</sup>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Staat</li> <li>Bauunternehmen – Käufer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raumplanung</li> </ul>
	Planung und Bau <ul style="list-style-type: none"> <li>thermische Qualität (Dämmung, Heizsystem, Verglasung, Wärmeschutz, Raumanordnung, MINERGIE-P usw.)</li> <li>Verhältnis Gebäudehüll-/nutzbare Wohnfläche (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus usw.)</li> <li>Baumaterialien, Bau</li> </ul>	+ <sup>1), 4)</sup>		+++ <sup>1), 2), 3), 4)</sup>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Architekt</li> <li>Bauherrschaft (Öffentlichkeit)</li> <li>Makler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Subventionen, Steuern/Abgaben, Ausbildung, Förderung usw.<sup>8)</sup></li> <li>Label (z. B. Gebäudeenergiepass)</li> </ul>
Erwerb	Kauf/Miete/Renovation von Wohnraum <ul style="list-style-type: none"> <li>Wohnungstyp (Einfamilienhaus, Wohnung in Mehrfamilienhaus usw.)</li> <li>Anzahl Personen pro Haushalt</li> <li>Wohnfläche pro Person</li> <li>Energiequelle, Heizsystem</li> </ul>	+ <sup>1)</sup>		++ <sup>3), 1)</sup>		+ <sup>1), 5)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Staat</li> <li>Käuferinnen und Käufer – Konsumierende</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Steuern/Abgaben, Subventionen, Förderung usw.</li> <li>Label wie z. B. Gebäudeenergiepass und energieEtikette<sup>9)</sup></li> </ul>
	Kauf/Auswahl von Haushaltgeräten <ul style="list-style-type: none"> <li>Typ (energieEtikette, Qualität usw.)</li> <li>Anzahl, Gebrauchsdauer</li> </ul>	+ <sup>1)</sup>				++ <sup>1), 5), 6)</sup>	+ <sup>1)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konsumierende</li> </ul>
Gebrauch / Nutzung	Wohnverhalten <ul style="list-style-type: none"> <li>Raumtemperatur, Öffnen von Fenstern, Warmwassertemperatur und Wasserverbrauch</li> <li>Geräte auf Standby oder ausgeschaltet</li> <li>Kontrollen und Reparaturen betr. thermische Qualität</li> </ul>			+++ <sup>1), 3), 4), 5)</sup>	+ <sup>1), 6)</sup>	+ <sup>1)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Staat</li> <li>Konsumierende</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Steuern/Abgaben, Subventionen</li> <li>Ausbildung von Hauswarten</li> <li>individuelle Heiz- und Warmwasserabrechnung für Mieter</li> </ul>
Entsorgung	Entsorgung <ul style="list-style-type: none"> <li>Deponie, Recycling, Wiederverwendung, Verbrennung</li> </ul>	+ <sup>1)</sup>					<ul style="list-style-type: none"> <li>Staat (Vorschriften)</li> </ul>	

<sup>1)</sup> Schätzungen von [KAENZIG ET AL.].<sup>2)</sup> [DETTLI ET AL., 2004].<sup>3)</sup> [SIA 380/1, 2001] und [SIA 180, 1999].<sup>4)</sup> [PEUPOITIER, 2003].<sup>5)</sup> [JUNGBLUTH ET AL., 2004A].<sup>6)</sup> [S.A.F.E., 2001].<sup>7)</sup> [ROTH UND STEINER, 1999].<sup>8)</sup> [LENEL ET AL., 2004].<sup>9)</sup> [BFE, 2004].

## Schlüsselakteure

**Eigentümer, Architekten, Bauherrschaft und Staat** beeinflussen die Umweltwirkung des Baus und die energetischen Eigenschaften des künftigen Gebäudes. Eine besondere Rolle kommt dabei den Architektinnen und Architekten zu, denn sie können ihren Kundinnen und Kunden zu Niedrigenergiehäusern – z. B. nach dem MINERGIE-Standard – raten. Aber auch das Verhalten der Bewohnerinnen und Bewohner ist entscheidend, denn das Energieeinsparungspotenzial während der Nutzungsphase ist gross.

Tabelle 6 bietet einen Vergleich zwischen einem Verhaltensmuster, das die persönliche Ökobilanz entlastet, und einem Verhaltensmuster, das Umweltaspekte nicht in besonderem Masse berücksichtigt.

Tabelle 6: Szenarien für ein umweltbewusstes Wohnverhalten

Schlüsselfaktoren	Verhalten ohne Berücksichtigung von Umweltaspekten	Umweltbewusstes Verhalten
Heizung (gewählte Raumtemperatur)	21–22 °C (rund um die Uhr)	Tag: 19–20 °C (5–23 h) Nacht: 18 °C (23–5 h)
Klimatisierung	ab 26–28 °C	ab 33 °C
Warmwasserverbrauch	Bad	Dusche
Lüften während der Heizperiode	Fenster bleiben stundenlang geöffnet	2- bis 3-mal täglich alle Fenster während fünf Minuten öffnen
Warmwassertemperatur (Boiler)	80 °C	55 °C
Wohnfläche pro Person und Anzahl Personen pro Wohnung	Mehr als drei Zimmer pro Person bzw. Zweitwohnsitz, der nur wenige Wochen im Jahr benutzt wird	Ein bis zwei Zimmer pro Person, mehrere Personen im gleichen Haushalt
Abfallentsorgung	Keine Abfalltrennung	Abfalltrennung

## Raumtemperatur

Eine Veränderung um ein Grad Celsius erhöht bzw. verringert den Energieverbrauch um bis zu 6 Prozent [PEUPOURTIER, 2003].

## Klimatisierung

Eine Klimatisierung ist in der Schweiz selten erforderlich, man kommt leicht ohne sie aus. Eine gute bauliche Planung, eine zweckmässige Raumanordnung und eine Beschattung bei Tag in der heissen Jahreszeit reichen in unseren Breiten aus, um angenehme Innentemperaturen zu gewährleisten.

Warmwasserverbrauch	Der Verbrauch von Warmwasser ist sehr energieintensiv: Für ein heisses Bad werden unbestrittenermassen mehr Energie und Wasser verbraucht als für eine kurze, erfrischende Dusche. Duschen anstatt Baden entlastet die persönliche Energie- und Ökobilanz (Einsparung von ca. 60 Prozent bzw. 90 Liter Warmwasser und von 70 MJ nicht erneuerbarer Primärenergie beim Duschen im Vergleich zu einem Bad [ROTH, 1999]).
Lüften während der Heizperiode	Je länger die Fenster während der Heizperiode geöffnet bleiben, desto mehr Wärme geht verloren. Aus energetischer Sicht, aber auch für ein gesundes Wohnklima ist es eindeutig vorteilhafter, die Fenster wenige Minuten lang weit zu öffnen, anstatt während Stunden die Wärme durch ein gekipptes Fenster entweichen zu lassen.
Wohnfläche pro Person und Anzahl Personen pro Wohnung	Die Umweltwirkung ist mehr oder weniger direkt proportional zur <b>Wohnfläche pro Person</b> : Je kleiner die Fläche, desto geringer die Umweltwirkung. Was Umweltaspekte angeht, sind Mehrpersonenhaushalte gegenüber Einzelpersonenhaushalten im Allgemeinen im Vorteil, denn gewisse Räume, Einrichtungen und Gegenstände wie Küche und Haushaltgeräte können gemeinsam genutzt werden. Dies verringert den Wohnflächenbedarf pro Person und senkt den Verbrauch von Strom und Materialien für die Herstellung bzw. den Bau und die Nutzung gemeinsamer Einrichtungen (vgl. Abb. 10, Beispiel «Wäschetrockner»).
Abfalltrennung, Situierung im Kontext	Dank Abfalltrennung können gewisse Wertstoffe wiederverwendet und die Umwelt geschützt werden. Batterien oder Elektronikschrott beispielsweise müssen getrennt entsorgt werden, denn wenn sie mit anderen Abfällen vermischt oder – schlimmer noch – im Freien weggeworfen werden, können für Tiere, Pflanzen und Menschen giftige Schwermetalle in die Nahrungskette gelangen. Allerdings ist das Potenzial zur Verbesserung der Ökobilanz bei der Abfallentsorgung geringer als jenes anderer Aktivitäten und Bereiche wie beispielsweise Heizen oder Mobilität.

### 3.2.2 Fallstudie: Vergleich zwischen einem konventionellen Haus (nach SIA-Norm 380/1) und einem Niedrigenergiehaus nach MINERGIE-Standard

#### **Kontext: langfristiges Planen und Bauen**

Die thermische Qualität einer Wohnung (Dämmung, Gebäudetechnik usw.) sowie der Einsatz eines effizienten, mit erneuerbaren Energien arbeitenden Heizsystems bieten ein sehr grosses Potenzial zur Verbesserung der Ökobilanz.

In der Schweiz sind die Anforderungen bezüglich thermischer Gebäudequalität in den Vorschriften über die Erteilung von Baugenehmigungen für Neubauten oder Renovationen festgelegt. Sie beruhen weitgehend auf der SIA-Norm 380/1 «Thermische Energie im Hochbau», die für Gebäude in der Schweiz verbindliche Grenz- und Zielwerte festlegt.

Beim MINERGIE-Standard handelt es sich um ein privates, von Kantonen, Bund und Wirtschaft unterstütztes Label, welches aufbauend auf der SIA-Norm 380/1 nicht nur

die thermische Qualität, sondern auch die Gebäudetechnik (Lüftung) sowie die Energiequellen berücksichtigt. MINERGIE-Einfamilienhäuser müssen folgende Voraussetzungen erfüllen [MINERGIE, 2005]:

- Thermisch gut isolierte und luftundurchlässige Gebäudehülle
- Lüftungssystem für eine kontrollierte Lufterneuerung
- Geringer Energieverbrauch, Einhaltung des MINERGIE-Grenzwertes
- Mehrinvestitionen von maximal 10 Prozent

Tabelle 7 nennt die verschiedenen Merkmale von MINERGIE-Häusern und vergleicht sie mit jenen von Gebäuden nach dem MINERGIE-P-Standard und nach der SIA-Norm 380/1. Ein Vergleich ist insofern schwierig, als dabei einer Norm über die thermische Qualität eines Gebäudes (SIA 380/1) zwei Gebäudestandards (MINERGIE bzw. MINERGIE-P) gegenübergestellt werden, die auch die Gebäudetechnik und die Energiequelle für die Heizung berücksichtigen. MINERGIE empfiehlt für die Wärmeerzeugung erneuerbare Energiequellen wie Holz, Geothermie (Wärmepumpen) und Sonnenenergie.

Tabelle 7: Vergleich der Gebäudestandards für Einfamilienhäuser in der Schweiz (nach MINERGIE [2005] und SIA [2001]).

	<b>SIA 380/1 Grenzwerte</b>	<b>SIA 380/1 Zielwerte</b>	<b>MINERGIE</b>	<b>MINERGIE-P</b>
Heizwärmebedarf	$Q_h$	60 % des Grenzwerts nach SIA 380/1 ( $Q_h$ )	80 % des Grenzwerts nach SIA 380/1 ( $Q_h$ )	20 % des Grenzwerts nach SIA 380/1 ( $Q_h$ )
Erneuerbare Energien	keine Anforderung <sup>7</sup>	keine Anforderung <sup>7</sup>	empfohlen	unverzichtbar
Gewichtete Energiekennzahl Wärme (Endenergie)	nicht definiert	nicht definiert	42 kWh/m <sup>2</sup> a 151,2 kWh/m <sup>2</sup> a	30 kWh/m <sup>2</sup> a 108 kWh/m <sup>2</sup> a
Luftdichtigkeit	keine Anforderung	keine Anforderung	gut	kontrolliert
Wärmedämmung <sup>8</sup>	10 bis 14 cm	15 bis 25 cm	15 bis 25 cm	30 bis 40 cm
Wärmeschutzverglasung	zweifach	zweifach	dreifach mit Gasfüllung	dreifach mit Gasfüllung und isolierten Rahmen
Haushaltgeräte der Effizienzklasse A	keine Anforderung	keine Anforderung	empfohlen	unabdingbar
Komfortlüftung	keine Anforderung	keine Anforderung	unabdingbar	unabdingbar
Wärmeleistungsbedarf	keine Anforderung	keine Anforderung	keine Anforderung	max. 10 W/m <sup>2</sup> falls Warmluftheizung

<sup>7</sup> In mehreren Schweizer Kantonen darf der Anteil der nicht erneuerbaren Energien zur Heizwärme- und Warmwassererzeugung nicht mehr als 80 Prozent betragen.

<sup>8</sup> Die angegebene Stärke der Dämmschicht dient als Richtwert. Ingenieure und Architekten legen ihren Berechnungen üblicherweise reale Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) zu Grunde, die nicht nur die Stärke, sondern auch die Beschaffenheit der Dämmschicht berücksichtigen. Die SIA-Norm 380/1 nennt spezifische Werte für Mauern, Dächer, Fenster, Türen usw.

**Zweck der Szenarien:  
das Energiesparpotenzial eines MINERGIE-Hauses illustrieren**

Vier Typen von Einfamilienhäusern mit je 69 m<sup>2</sup> Wohnfläche pro Person werden miteinander verglichen (Abb. 6; vgl. Detailangaben in Anhang 6, Tabelle 17 sowie Abbildungen 19, 20 und 21). Jeder dieser Typen entspricht unterschiedlichen Qualitätsstandards (vgl. Tabellen 17 und 19).

- I. Haus, das knapp der SIA-Norm 380/1 genügt; als Grundlage für die Berechnung des Heizenergieverbrauchs dienen die Grenzwerte der SIA-Norm 380/1.
- II. Haus, das die Zielwerte der SIA-Norm 380/1 erfüllt; als Grundlage für die Berechnung des Heizenergieverbrauchs dienen die Zielwerte der SIA-Norm 380/1.
- III. Nach dem MINERGIE-Standard erbautes Haus; als Grundlage für die Berechnung des Energieverbrauchs für Heizung, Warmwassererzeugung und Lüftung dienen die Grenzwerte des MINERGIE-Standards, der als Referenz für Bauten von guter energetischer Qualität gilt.
- IV. Nach dem MINERGIE-P-Standard erbautes Haus; als Grundlage für die Berechnung des Energieverbrauchs für Heizung, Warmwassererzeugung und Lüftung dienen die Grenzwerte des MINERGIE-P-Standards, der als Referenz für Bauten von sehr guter energetischer Qualität gilt.

Als Referenzgrössen dienen:

- V. eine durchschnittliche Wohneinheit in der Schweiz (44 m<sup>2</sup> pro Person);
- VI. eine Wohneinheit mit derselben Wohnfläche pro Person wie die Häuser, die in den Szenarien I bis IV betrachtet werden (69 m<sup>2</sup>), und die pro Quadratmeter dieselbe Umweltwirkung aufweist wie eine durchschnittliche Wohneinheit in der Schweiz.

In der Schweizerischen Gesamtenergiestatistik [BFE, 2004], die als Berechnungsbasis für diese beiden Wohntypen (V und VI) diene, ist der Energieverbrauch für die Warmwassererzeugung im Gesamtenergieverbrauch enthalten. Aus diesem Grund können die Umweltwirkungen und der Verbrauch nicht erneuerbarer Primärenergie für die Erzeugung von Warmwasser in Abbildung 6 sowie in den Abbildungen in Anhang 6 nicht gesondert ausgewiesen werden.

**Wirkungsabschätzungsmethode und Hypothesen**

Die Umweltwirkung umfasst die Bau-, die Nutzungs- und die Abbruchphase und wurde anhand der Daten von ecoinvent 1.2 kalkuliert. Den Berechnungen wurde eine Nutzungsdauer von 50 Jahren zu Grunde gelegt.

Die Bauphase umfasst die Herstellung und den Transport von Baumaterial, die Beförderung der Bauarbeiter sowie die Bautätigkeit selbst.

Die Nutzungsphase beinhaltet das Heizen des Hauses, die Warmwassererzeugung, den Haushaltsstromverbrauch, den Stromverbrauch für das Lüftungssystem des MINERGIE-Hauses, die Trinkwasserversorgung sowie die Abwasserreinigung. Für MINERGIE-Häuser wird davon ausgegangen, dass für die Warmwassererzeugung Solarenergie und als ergänzende Energiequelle Erdgas zum Einsatz kommt und für das Heizen ebenfalls Erdgas verwendet wird. Auf diese Weise kann auf Gewichtungsfaktoren verzichtet werden, die bei der Verwendung von Holz oder Wärmepumpen für die Gewährleistung der Kompatibilität mit dem MINERGIE-Standard erforderlich wären.

Die Abbruchphase beinhaltet die Entsorgung der Baumaterialien.

Die in Tabelle 20 von Anhang 6 dargelegten Kostenunterschiede zwischen einem MINERGIE-Haus und einem Haus herkömmlicher Bauart wurden in Zusammenarbeit mit einem Architekten ermittelt [JOLLIET, 2003].

**Hypothesen und  
Parameter**

- Der Verbrauch an Gas, Heizöl und Strom wird umgerechnet und in nicht erneuerbarer Primärenergie ausgedrückt. Auf diese Weise werden die Umweltwirkungen im Zusammenhang mit der Verbrauchsenergie ebenfalls berücksichtigt.
- Die Berechnungen wurden nach Haustyp getrennt durchgeführt. Die Resultate sind in Einheiten pro Person und Jahr (Pers. a) ausgedrückt.
- Die Berechnungen basieren auf einer angenommenen Nutzungsdauer von 50 Jahren.
- Im Rahmen dieser Fallstudie sind die Herstellung und Entsorgung von Haushaltgeräten und Möbeln in der Ökobilanz des Haustyps nicht erfasst.
- Die Anfangsinvestitionen für den Bau eines MINERGIE-Hauses sind höher: Der Kaufpreis eines Niedrigenergiehauses liegt rund 5 Prozent über demjenigen eines herkömmlichen Hauses.
- Zum Zwecke der Berechnungen wurde von einem durchschnittlichen Stromverbrauch von 2313 kWh ausgegangen. Zur Verringerung des Elektrizitätsverbrauchs schreibt einzig der MINERGIE-P-Standard den Kauf von Haushaltgeräten der Effizienzklasse A vor. Pro Person und Jahr können so bis zu 4.6 GJ nicht erneuerbare Primärenergie eingespart werden (vgl. Fallstudie 3.4.2). Für die übrigen Haustypen wurde den Berechnungen der Stromverbrauch im Verhältnis zur Energiebezugsfläche gemäss Standardnutzung nach SIA-Norm 380/1 (vgl. Tabelle 19) zu Grunde gelegt.
- Die übrigen Hypothesen und Parameter, die zu Vergleichszwecken festgelegt wurden, sind in Anhang 6 dargestellt.

## Sparpotentiale bei Energie und Umweltwirkung

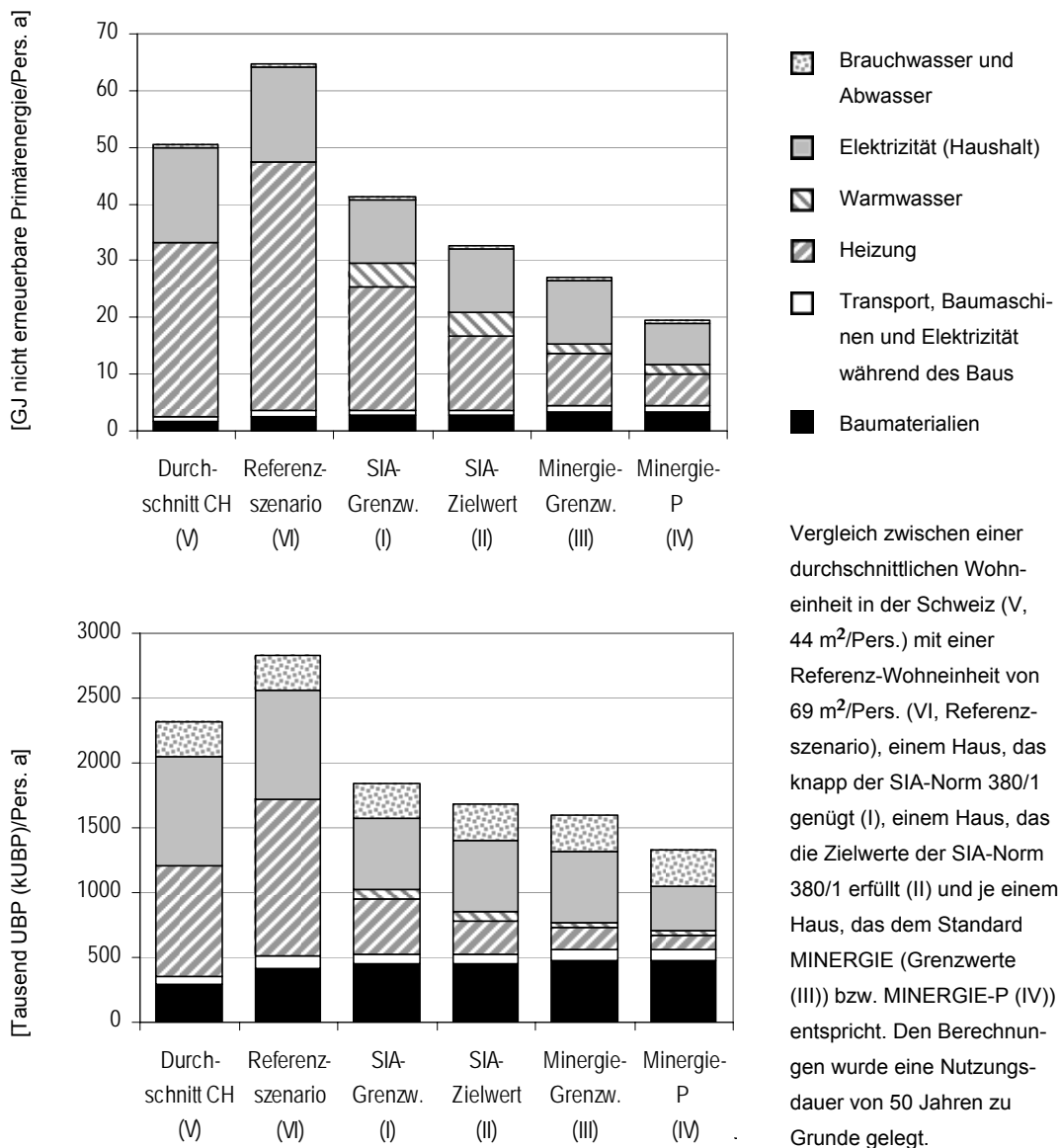


Abbildung 6: Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie und Umweltwirkung im Bereich Wohnen pro Person und Jahr.

Der grösste Anteil des Energieverbrauchs im Lebenszyklus eines Hauses entfällt auf das Heizen. Verglichen mit einem herkömmlichen Haus sind bei einem Haus von guter thermischer Qualität der Primärenergieverbrauch und die Umweltwirkung im Zusammenhang mit den Baumaterialien proportional höher. Die Umweltwirkung der Baumaterialien für ein Haus nach SIA-Norm 380/1 und für ein MINERGIE-Haus sind vergleichbar. MINERGIE-Häuser erfordern mehr Isoliermaterial sowie ein Lüftungssystem, was sich allerdings kaum auf die Gesamtbilanz des Lebenszyklus des Hauses



auswirkt. Hingegen kann eine gute thermische Qualität (Dämmung usw.) den Energieverbrauch während der Nutzungsphase verglichen mit einem herkömmlichen Haus um mehr als die Hälfte verringern. Dies entspricht der Situation im Kanton Genf, wo der gesamte Heizenergieverbrauch pro Quadratmeter doppelt so hoch ist wie der MINERGIE-Standard für neue Gebäude [FAIST EMMENEGGER ET AL., 2003].

### **Zusammenfassung der Resultate und Schlussfolgerungen**

Bei der Nutzung eines Gebäudes wird mehr Energie verbraucht als bei der Herstellung der Baumaterialien und beim Bau selbst. Verglichen mit einem herkömmlichen Haus kann mit einem Niedrigenergiehaus wie z. B. einem MINERGIE-Haus sehr viel Energie gespart werden (50 Prozent des Heizenergieverbrauchs, dies entspricht rund 15 GJ pro Person und Jahr).

Die finanziellen Einsparungen (bei einer Lebensdauer des Gebäudes von 50 Jahren) sind trotz der rund 5 Prozent höheren Anfangsinvestitionen realistisch, vorausgesetzt, es werden dem Erbauer bzw. Eigentümer kantonale Subventionen gewährt und die Zinskonditionen für die Anfangsinvestition sind günstig. Der höhere Preis für ein MINERGIE-Haus ist auf den Einbau eines Lüftungssystems und von Sonnenkollektoren, auf die bessere Wärmedämmung und auf die Beiziehung eines Wärmefachmanns zurückzuführen (vgl. Anhang 6, Tabelle 20).

Zusätzliche Investitionen in energetische Verbesserungen von Gebäuden sind häufig mit weiteren Vorteilen verbunden (sekundärer Nutzen), beispielsweise mit einem erhöhten Wohnkomfort dank besserer Schalldämmung und einer verbesserten Sicherheit (vgl. JAKOB [2002]).

## **3.3 Private Mobilität**

In diesem Konsumbereich generiert die Gebrauchsphase den grössten Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie und – über den gesamten Lebenszyklus betrachtet – die bedeutendsten Umweltwirkungen. Dazu gehören beispielsweise Emissionen von Schadstoffen in die Luft, die die menschliche Gesundheit schädigen und Klimaveränderungen begünstigen (CO<sub>2</sub>), Lärm<sup>9</sup>, Unfälle<sup>10</sup> sowie Landbeanspruchung, die zur Fragmentierung der Lebensräume führt. Entsprechend zahlreich sind die Möglichkeiten, die Ökobilanz in diesem Bereich zu verbessern.

### **3.3.1 Schlüsselfaktoren, -akteure und -entscheide**

#### **Planung und Bau**

Wie auch im Bereich Wohnen nimmt der Staat in Bezug auf die Planung eine Schlüsselrolle ein: Die Errichtung neuer Verkehrsinfrastrukturen erhöht die Nutzungsnachfrage und führt in aller Regel zu einer Erhöhung der zurückgelegten Distanzen.

<sup>9</sup> Die durch Lärm verursachten Umweltwirkungen wurden im Rahmen dieser Studie nicht quantifiziert.

<sup>10</sup> Der Aspekt der Unfälle wird in dieser Studie nicht erörtert.

Tabelle 8: Umwelt-Entscheidungsmatrix für den Konsumbereich «private Mobilität».

SCHLÜSSELENTSCHEIDE UND -FAKTOREN		EINFLUSS AUF UMWELTWIRKUNG			AKTEURE UND OPTIMIERUNGSANSÄTZE	
Qualitativ:	Quantitativ: Einfluss des Entscheids auf die gesamte Umweltwirkung pro Person und Jahr	Herstellung	Gebrauch / Nutzung	Entsorgung	Akteure	Optimierungsansätze
Starker Einfluss	+++++ > +/- 20 %					
Mittlerer Einfluss	++++ [+/- 10 % bis 20 %]					
Geringer Einfluss	+++ [+/- 4 % bis 10 %]					
Sehr geringer bzw. nicht identifizierter Einfluss	++ [+/- 2 % bis 4 %]					
	+ [+/- 0,5 % bis 2 %]					
	< +/- 0,5%					
<b>Herstellung</b>	Planung und Bau <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Infrastruktur und Raumplanung</b> (Schienen, Strassen, Flughäfen usw.)</li> <li>• <b>Fahrzeug</b> (Verbrauch, Gewicht, Aerodynamik, Motortechnologie, Lärmentwicklung usw.)</li> </ul>	+ <sup>2)</sup> + <sup>2)</sup>	++++ <sup>1)</sup> +++ <sup>1)</sup>	+ <sup>2)</sup> + <sup>2)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akteure bei Planung u. Bau von Infrastrukturen (Staat, Bahnunternehmen usw.)</li> <li>• Fahrzeughersteller</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steuern/Abgaben, Subventionen</li> <li>• Bürger/-innen (z. B. bei Abstimmungen)</li> </ul>
<b>Erwerb</b>	Kauf, Miete bzw. gemeinsame Nutzung von Verkehrsmitteln <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Wahl des Verkehrsmittels</b> (Flugzeug, Bahn, Auto, Bus, Velo, zu Fuss usw.)</li> <li>• <b>Wahl des Fahrzeugtyps</b> (verbrauchsarmes, schweres oder leichtes Auto, Motortechnologie usw.)</li> </ul>	+ <sup>1)</sup> ++ <sup>2), 4)</sup> + <sup>1)</sup>	+++ <sup>2), 4)</sup> +++ <sup>1)</sup>	+ <sup>1)</sup> ++ <sup>2), 4)</sup> + <sup>1)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsbetriebe</li> <li>• Konsumierende</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prestige</li> <li>• Werbung</li> <li>• Verrechnung nach Pkm</li> <li>• Steuern/Abgaben, Subventionen</li> </ul>
<b>Gebrauch / Nutzung</b>	Tägliches Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Distanz und Frequenz</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wohnort</li> <li>- Ferienziel</li> </ul> </li> <li>• Besetzungsgrad des Fahrzeugs</li> <li>• Fahrweise (Eco-Drive)</li> </ul>	**	+++++ <sup>1), 2)</sup> ++++ <sup>1), 2), 4)</sup> +++++ <sup>1), 2), 4)</sup> ++ <sup>1), 2)</sup> + <sup>3)</sup>	** <sup>1), 2)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsumierende</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prestige</li> <li>• Kosten</li> <li>• Steuern/Abgaben, Subventionen usw.</li> </ul>
<b>Entsorg.</b>	Entsorgung am Ende der Lebensdauer <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entsorgung (Deponie, Verbrennung, Abbruch, Recycling)</li> </ul>			+*** <sup>1), 2)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsbetriebe</li> <li>• Konsumierende</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steuern/Abgaben, Subventionen</li> </ul>

1) Schätzungen von [KAENZIG ET AL.].

2) [ecoinvent 1.2, 2005].

3) 10–15 % [QAED, 2004].

4) [BFS, 2002a/b].

\* Die Bereitstellung leistungsfähiger Infrastrukturen führt zu einer Erhöhung der Benutzerzahlen.

\*\* Der Einfluss der Wahl des Verkehrsmittels auf die Bereitstellung von Infrastrukturen ist nachweisbar, konnte im Rahmen dieser Studie jedoch nicht quantifiziert werden.

\*\*\* Vor allem die Infrastruktur, Autos und Motorräder.

**Wahl des Verkehrsmittels** Die **Wahl des Verkehrsmittels** ist ein ausschlaggebender Faktor: Ein Flugzeug benötigt pro zurückgelegten Kilometer fünfmal mehr nicht erneuerbare Primärenergie als ein Zug. Desgleichen verbraucht ein Geländewagen viel mehr Treibstoff als ein leichtes bzw. ein Hybridfahrzeug, und für seine Herstellung werden mehr Rohstoffe.

■ Betrieb (Energieverbrauch u. -produktion) □ Fahrzeug (Herst., Unterh., Ents.) ■ Infrastruktur (Bereitst., Unterh., Ents.)

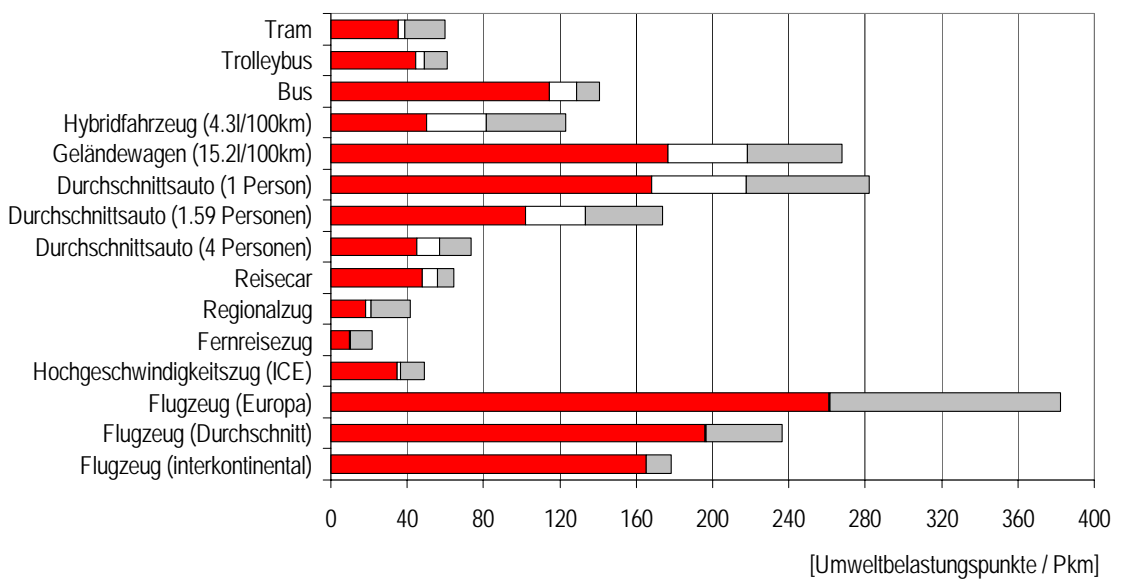
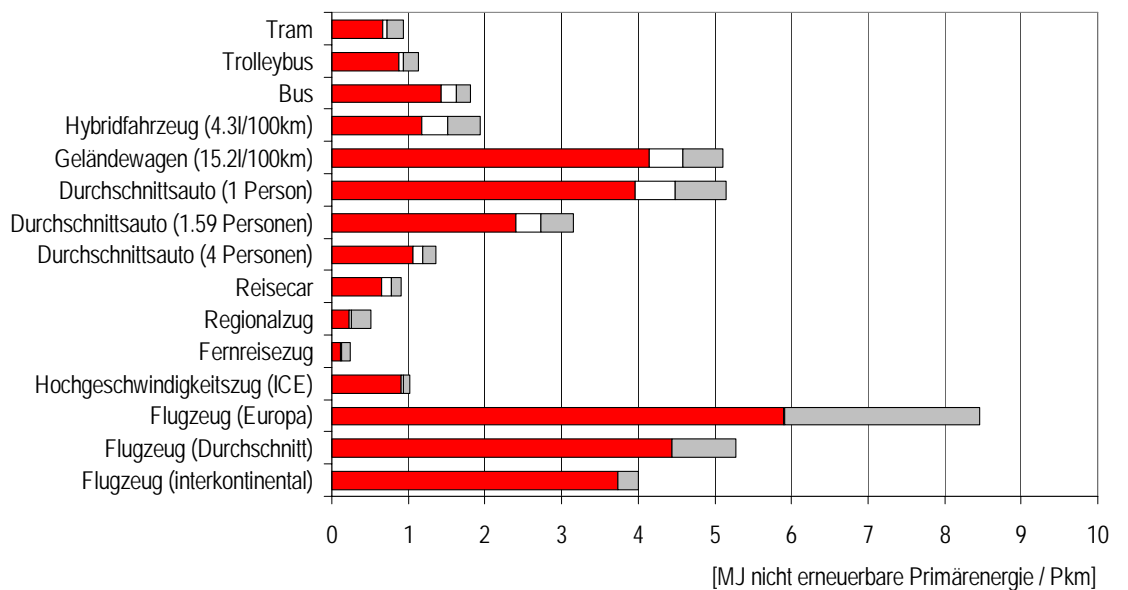


Abbildung 7: Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie (MJ) und Umweltwirkung (UBP) verschiedener Personenverkehrsmittel (die Berechnungen basierend auf durchschnittlicher Technologie und auf durchschnittlichem Besetzungsgrad [Auto: 1,59 Personen] [Ecoinvent 1.2, 2005]).

benötigt (vgl. Abb. 7, Vergleich des Energieverbrauchs und der Umweltwirkung in Umweltbelastungspunkten eines Geländewagens mit einem Treibstoffverbrauch von 15,2 Liter auf 100 Kilometer und eines Hybridfahrzeugs mit einem Benzinverbrauch von 4,3 Liter auf 100 Kilometer, aufgeschlüsselt nach Gebrauch, Fahrzeug und Infrastruktur. Zur Illustration sind auch die Werte für einen durchschnittlichen Personenwagen mit einem mittleren Besetzungsgrad von 1,59 Personen angegeben [ECOINVENT, 2004]. Die Unterschiede zwischen den betrachteten Fahrzeugtypen – Geländewagen, Hybridfahrzeug mittleren Gewichts und durchschnittlicher Personenwagen – ergeben sich hauptsächlich beim Gebrauch). Die Umweltwirkung eines Kurzstreckenfluges pro Passagierkilometer ist grösser als diejenige eines Interkontinentalfluges, da gewisse distanzunabhängige Vorgänge wie das Starten sowie Aktivitäten am Boden mehr Energie verbrauchen und mehr Schadstoffemissionen und Lärm verursachen als das Fliegen bei Reisegeschwindigkeit und auf konstanter Höhe.

#### Besetzungsgrad

Ein wichtiger Faktor für die Ökobilanz der privaten Mobilität ist auch der **Besetzungsgrad**. Ein Auto mit vier Insassen verbraucht zwar auf Grund des Gewichts der Passagiere etwas mehr Treibstoff als ein Fahrzeug, in dem sich nur der Lenker befindet. Dividiert man aber den Energieverbrauch und die Umweltwirkung in Umweltbelastungspunkten durch die Anzahl Insassen, so fällt die Ökobilanz weitaus günstiger aus, wenn sich vier Personen im Auto befinden anstatt nur der Fahrer (vgl. Abb. 7, Vergleich von Treibstoffverbrauch und Umweltwirkung bei einem Besetzungsgrad von 1 und von 4 Personen bzw. bei einem durchschnittlichen Besetzungsgrad von 1,59 Personen [ECOINVENT, 2004]). Dasselbe gilt für den Luft- und den Schienenverkehr, wobei allerdings der einzelne Konsument den Besetzungsgrad nicht direkt beeinflussen kann.

#### Nutzungsverhalten im Alltag

Die Umweltwirkung korreliert stark mit der **Distanz und der Häufigkeit** der zurückgelegten Wege. Diese beiden Parameter können die Konsumierenden durch ihr Verhalten ohne Weiteres beeinflussen. Die Wahl des **Urlaubsziels** beispielsweise ist entscheidend: Für einen Flug von der Schweiz nach Chicago und zurück etwa wird mehr Treibstoff benötigt als für die Gesamtheit der Distanzen, die eine Person im Jahr mit dem Auto zurücklegt. Eine Reise nach Australien verbraucht rund 152 GJ nicht erneuerbare Primärenergie; dies entspricht rund drei Vierteln des durchschnittlichen jährlichen Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie eines Einwohners der Schweiz! Die geografische Lage der Wohnung bzw. die Entfernung zu den Geschäften, zum Arbeitsplatz und zu den Freizeitinfrastrukturen bestimmt die täglich zurückgelegten Distanzen, auf die ein bedeutender Anteil der privaten Mobilität entfällt (d. h. rund 23 Prozent der in der Schweiz zurückgelegten Kilometer oder 8 Kilometer pro Person und Tag [ARE/BFS, 2000b]).

#### Situierung im Kontext

Das Auto ist ein Paradebeispiel für ein aktives Produkt, bei dem eine möglichst lange Nutzungsdauer nicht zwangsläufig vorteilhaft ist, denn alte Fahrzeuge verursachen in der Regel grössere Umweltwirkungen als modernere Modelle: Sie verbrauchen im Durchschnitt mehr Treibstoff, verfügen über weniger leistungsfähige Katalysatoren und stossen generell mehr Stickoxide, Kohlenmonoxid und Feinstaub aus.

## Schlüsselakteure

Zu den wichtigsten Akteuren zählen neben dem Staat alle Einwohner in ihrer Rolle als Konsumenten und Bürger: Während der **Staat** für die Rahmenbedingungen der Mobilität verantwortlich zeichnet (Raumplanung, Luftreinhalte- und Lärmvorschriften, finanzielle Anreize, Steuern und Abgaben, Subventionen usw.), fällt den **Konsumentinnen und Konsumenten** bei der Wahl der Reiseziele und der Verkehrsmittel eine zentrale Rolle zu. Auch die Automobilindustrie kann durch die Herstellung verbrauchsarmer Fahrzeuge massgeblich zur Verbesserung der Ökobilanz beitragen.

### 3.3.2 Fallstudie: verlängertes Wochenende in Paris

#### **Kontext und Zweck: Einsparungspotenziale abhängig von der Wahl des Verkehrsmittels aufzeigen**

Für ein verlängertes Wochenende in Paris stehen verschiedene Verkehrsmittel zur Auswahl. Die Reise von der Haustür bis ins Hotel dauert mit dem Auto, mit dem Zug oder mit dem Flugzeug ungefähr gleich lang. Indessen hat die Wahl des Verkehrsmittels einen entscheidenden Einfluss auf die Umweltwirkung. Die vorliegende Fallstudie illustriert die potenziellen Umweltvorteile, die abhängig von dieser Entscheidung realisiert werden können.

#### **Einfache Rechenmethode**

Die Umweltwirkung sowie der Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie wurden mit Hilfe der Datenbank ecoinvent 1.2 ermittelt [ECOINVENT, 2005]. Die Ermittlung der Preise erfolgte unter Berücksichtigung saisonaler Schwankungen auf der Grundlage verschiedener öffentlich zugänglicher Angaben. Die Kosten für Flug- und Bahnreisen können via Internet bei den verschiedenen Anbietern abgefragt werden; die Kosten einer Fahrt mit dem Auto wurden anhand der vom Touring-Club Schweiz veröffentlichten Kilometerkosten errechnet [TCS, 2004]. Häufig berücksichtigen die Konsumentenden beim Preisvergleich lediglich die Treibstoffkosten. Diese stellen jedoch laut TCS im Durchschnitt nur gerade 16 Prozent der gesamten Kilometerkosten eines Autos dar.

#### **Umweltwirkung und Kosten**

Je nachdem, welches Verkehrsmittel gewählt wird, sind die Unterschiede bezüglich Umweltwirkung und Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie beträchtlich (vgl. Abb. 8).

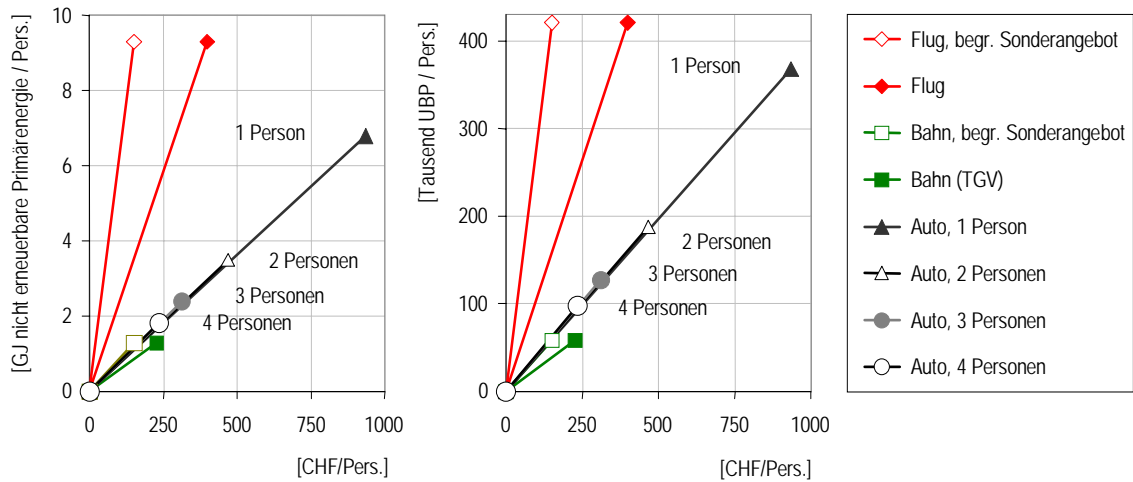


Abbildung 8: Verlängertes Wochenende in Paris: Energieverbrauch, Umweltwirkung (in UBP) sowie Kosten pro Person abhängig von der Wahl des Verkehrsmittels [ECOINVENT 1.2, 2005].

Die Reise per Flugzeug verursacht die grösste Umweltwirkung. Aus ökologischer und in der Regel auch aus finanzieller Sicht ist die Fahrt mit dem Zug vorteilhafter. Die Sensitivitätsanalyse macht deutlich, dass die Umweltwirkung einer Reise im Auto stark vom Besetzungsgrad abhängt: Mit vier Insassen nähert sich die Ökobilanz der Fahrt im Auto derjenigen der Bahnreise an, ohne Mitfahrer dagegen ist die Umweltwirkung rund fünfmal höher als die einer Reise im Zug.

### Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Fallstudie macht deutlich, dass das individuelle Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer die Umweltwirkung der privaten Mobilität entscheidend beeinflusst: Indem das Flugzeug erst in letzter Instanz gewählt wird und stattdessen die Bahn bevorzugt und der Besetzungsgrad des Autos erhöht wird, lässt sich die Umweltwirkung massiv vermindern.

### 3.4 Konsumgüter und Dienstleistungen

Der Bereich der Konsumgüter und Dienstleistungen ist äusserst heterogen. Die Umweltwirkungen variieren je nach Produkt- oder Dienstleistungseigenschaften und sind massgeblich abhängig von den für die Herstellung erforderlichen (seltenen oder umweltbelastenden) Rohstoffen und Ressourcen, von den in der Gebrauchsphase benötigten Ressourcen und von der Art der Entsorgung am Ende der Lebensdauer.

#### 3.4.1 Schlüsselfaktoren, -akteure und -entscheide

Die unten stehende Tabelle fasst die Optimierungsansätze für die verschiedenen Produktkategorien unter Berücksichtigung ihrer spezifischen Eigenschaften zusammen. Die Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, die genannten Produkte dienen lediglich zur Illustration.

Tabelle 9: Ansätze zur Optimierung der Ökobilanz von Konsumgütern.

Produkteigenschaften	Beispiele	Optimierungsansätze
Güter und Dienstleistungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle Güter und Dienstleistungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berücksichtigung von Labels beim Erwerb</li> <li>• Gemeinsame Nutzung gewisser Güter, um Umweltwirkungen und Kosten zu vermindern</li> </ul>
Aktive Produkte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kühlschrank</li> <li>• Geschirrspüler</li> <li>• Waschmaschine</li> <li>• Wäschetrockner</li> <li>• Beleuchtung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwerb von energieeffizienten Geräten</li> </ul>
Mobile bzw. über weite Strecken beförderte Produkte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autoteile</li> <li>• Postpaket</li> <li>• Möbel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verringerung von Gewicht, Volumen und Transportdistanz</li> </ul>
Passive Produkte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmuck</li> <li>• Textilien (Teppiche usw.)</li> <li>• Papier</li> <li>• Verderbliche Produkte (Kosmetika usw.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verlängerung der Gebrauchsdauer (guter Unterhalt)</li> <li>• Recycling und Kauf von Recyclingprodukten</li> <li>• Verluste vermeiden</li> </ul>

#### Optimierungsansätze

Bei der Erzeugung von Konsumgütern treffen die Hersteller selbst eine Reihe von Entscheidungen, die für die Umweltwirkung massgebend sind. In dieser Phase ist der Einfluss der Konsumentinnen und Konsumenten gering. Sie können hauptsächlich durch die Berücksichtigung von Labels beim Erwerb ihren Handlungsspielraum ausschöpfen. Die auf Grund der energieEtikette getroffene **Wahl eines aktiven Produkts, das sich durch einen geringen Energiekonsum in der Gebrauchsphase auszeichnet**, ist eines der effizientesten Mittel, um die Umweltwirkung zu vermindern.

Tabelle 10: Umwelt-Entscheidungsmatrix für den Konsumbereich «Konsumgüter und Dienstleistungen».

SCHLÜSSELENTSCHIEDENDE UND -FAKTOREN		EINFLUSS AUF UMWELTWIRKUNG				AKTEURE UND OPTIMIERUNGSANSÄTZE	
Qualitativ:	Quantitativ: Einfluss des Entscheids auf die gesamte Umweltwirkung pro Person u. Jahr	Herstellung	Transport	Gebrauch / Nutzung	Entsorgung	Akteure	Optimierungsansätze
Starker Einfluss							
Mittlerer Einfluss	+++++ > +/- 20 %						
Geringer Einfluss	++++ [+/- 10 % bis 20 %]						
Sehr geringer bzw. nicht identifizierter Einfluss	+++ [+/- 4 % bis 10 %] ++ [+/- 2 % bis 4 %] + [+/- 0,5 % bis 2 %] < +/- 0,5 %	Dienstleistungen, passive/mobile/aktive Produkte	Mobile Produkte	Dienstleist. Aktive Produkte	Passive/mobile/aktive Produkte		
Herstellung	Produktion und Konzipierung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellungsort</li> <li>• <b>Rohstoffe, Ressourcen und Energiequellen</b></li> <li>• Abläufe (beste verfügbare Technologie usw.)</li> <li>• Produktkonzipierung (Gewicht, Verbrauch, Netzschalter/Standby-Betrieb usw.)</li> <li>• Lebensdauer und Entsorgungsart</li> </ul>	++ <sup>1)</sup> + <sup>1)</sup>  + <sup>1)</sup>	+ <sup>1)</sup>  + <sup>1), 2)</sup>	++ <sup>1)</sup>  + <sup>1), 7), 8)</sup>  + <sup>1)</sup>		• Hersteller • Konsumierende	• Eco-Design Label <sup>5)</sup>
	Vertrieb <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportmittel</li> <li>• Grösse des Verkaufspunkts (Einzel-/Grosshandel usw.)</li> </ul>	+ <sup>1)</sup>	+ <sup>1)</sup>	+ <sup>1)</sup>		• Staat • Verteiler	• Steuern/Abgaben, Subventionen
Erwerb	Wahl, Kauf, Miete oder Leihe <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Entfernung zum Verkaufspunkt, Verkehrsmittel</b></li> <li>• <b>Menge und Qualität</b> (→ Lebensdauer)</li> <li>• Typ (Kauf, Miete, Leihe usw.)</li> <li>• Verbrauch (energieEtikette)</li> <li>• Herkunft</li> </ul>	+++ <sup>1)</sup>	+ <sup>1)</sup>  + <sup>1)</sup>	+++ * <sup>1), 2), 9)</sup> + <sup>1)</sup>  ++ <sup>1) 3), 5)</sup>	+ <sup>1)</sup>	• Käuferinnen und Käufer – Konsumierende • Verkäufer – Verteiler	• Steuern/Abgaben • Label <sup>5)</sup> • Informationen am Verkaufspunkt <sup>6)</sup>
Gebrauch	Tägliches Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pflege und Unterhalt (Gebrauchsdauer usw.)</li> <li>• Geräte auf Standby oder ausgeschaltet</li> </ul>	+ <sup>1)</sup>		+ <sup>4)</sup>	+ <sup>1)</sup>	• Konsumierende	• Feuergefahr
Entsorg.	Entsorgung am Ende der Lebensdauer <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entsorgungsart (Recycling/Verbrennung/Deponie usw.)</li> </ul>				++ <sup>1)</sup>	• Konsumierende • Staat	• Steuern/Abgaben, Informationen

<sup>1)</sup> Schätzungen von [Kaenzig et al.].<sup>2)</sup> [ECOINVENT 1.2, 2005].<sup>3)</sup> [Jungbluth et al., 2004a].<sup>4)</sup> [S.A.F.E., 2001].<sup>5)</sup> [Hammer et al., 2005].<sup>6)</sup> [Schmidt-Pleschka und Dickhuth, 2005].<sup>7)</sup> [Hofer und Aehlen, 2002].<sup>8)</sup> [BFS, 2003].<sup>9)</sup> [BFS, 2002B/C]

\* 40 Prozent aller Wege entfallen auf den Freizeitverkehr.



Bei den passiven Produkten, wozu die Mehrheit der Konsumgüter zu zählen ist, liegt das Optimierungspotenzial in der **Gebrauchsdauer**. Hier zahlt sich der Erwerb von Qualitätsprodukten und deren sachgemässer Unterhalt aus.

Die Umweltwirkung mobiler und über weite Strecken transportierter Produkte lässt sich häufig durch eine Verringerung des Gewichts erheblich vermindern.

Bei verderblichen Produkten führt die **Vermeidung von Verlusten** unmittelbar zu einer Verringerung des Verbrauchs und damit auch der Umweltwirkung.

Eine umweltverträgliche Entsorgung schliesslich – hauptsächlich durch Recycling – entlastet die gesamthafte Ökobilanz von Konsumgütern in bedeutendem Masse.

#### Dienstleistungen<sup>11</sup>

Die Faktoren, die für die Umweltwirkungen der Dienstleistungen in den Sektoren Bildung, Beherbergung (Hotellerie, Camping usw.), Kultur und Bankenwesen sowie der nicht obligatorischen Leistungen des Gesundheitswesens ausschlaggebend sind, werden hier nicht im Detail erörtert, da die Einflussmöglichkeiten der Konsumentinnen und Konsumenten eher gering sind. Der Entscheidungsspielraum der Verbraucher beschränkt sich auf die Wahl von Erbringern, die gewisse Labels führen oder Umweltkriterien erfüllen. Eher gross sind die Wahlmöglichkeiten der Konsumenten hingegen im Bereich der Freizeitaktivitäten: Sportarten wie Wandern, Radfahren und Laufen sind aus ökologischer Sicht eindeutig vorteilhafter als Alpenskifahren, Fliegen oder Fallschirmspringen. Die Umweltwirkungen der Freizeitaktivitäten werden massgeblich durch die jeweiligen Umstände bestimmt, beispielsweise von der Entfernung des Ausübungsortes vom Wohnort und von der Wahl des verwendeten Verkehrsmittels, um dorthin zu gelangen, von den vor Ort verfügbaren Möglichkeiten sowie von den Anbietern von Infrastrukturen und Dienstleistungen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Möglichkeiten der Konsumentinnen und Konsumenten zur Optimierung der Ökobilanz im Bereich «Konsumgüter und Dienstleistungen» im Vergleich zur gesamten Umweltwirkung pro Person von durchschnittlicher Bedeutung sind. Einen direkten positiven Einfluss hat dagegen die Verminderung der **Menge** der konsumierten Güter und Dienstleistungen.

---

<sup>11</sup> Als «Dienstleistungen» gelten im Rahmen der vorliegenden Studie sämtliche Leistungen im Zusammenhang mit Bildung, Beherbergung (Hotellerie, Campings usw.), Freizeit, Kultur und Bankenwesen sowie die nicht obligatorischen Leistungen des Gesundheitswesens. Öffentliche Verwaltungen und Infrastrukturen, Krankenversicherungen, Sozialversicherungen sowie alle übrigen Versicherungen sind im Konsumbereich «öffentliche Dienste und Versicherungen» erfasst.

### 3.4.2 Fallstudie: energieEtikette<sup>12</sup> als Entscheidungshilfe für die Wahl energieeffizienter Geräte

#### **Kontext: langfristige Konsequenzen des Kaufentscheids**

Welches Gerät ist das richtige? Angesichts des vielfältigen Angebots hat der Konsument beim Kauf von Haushaltgeräten die Qual der Wahl. Indessen spielt die Wahl eines Gerätes eine entscheidende Rolle, denn ein Grossteil der Umweltwirkung wird durch den Stromverbrauch beim Betrieb bestimmt und entsteht somit während der Gebrauchsphase. Dieser Aspekt ist umso wichtiger, als eine Lebensdauer von 15 Jahren gang und gäbe ist. Mit der Zeit summieren sich die Unterschiede zu einem beachtlichen Betrag: Je länger das Gerät in Gebrauch ist, desto grösser die Einsparungen.

Mit der energieEtikette<sup>13</sup> verfügen die Konsumentinnen und Konsumenten über eine solide Entscheidungsgrundlage, die es ihnen erlaubt, das ökologisch und ökonomisch vorteilhafteste Gerät auszuwählen. Die energieEtikette ist heute für Kühl- und Gefrierschränke, Geschirrspüler, Waschmaschinen, Wäschetrockner und Leuchtmittel (Glühbirnen usw.) verpflichtend.

#### **Ziel: ökologische und ökonomische Vorteile illustrieren**

Die im Folgenden erläuterten Szenarien sollen beispielhaft darlegen, wie die Konsumentinnen und Konsumenten durch den Kauf energieeffizienterer Haushaltgeräte und Leuchten ihre persönliche Ökobilanz verbessern und finanzielle Einsparungen erzielen können, ohne Qualitäts- und Komforteinbussen hinnehmen zu müssen.

#### **Einfache Rechenmethode**

Als Berechnungsgrundlagen für die vorliegende Fallstudie dienten die Angaben über den Schweizer Durchschnittshaushalt<sup>14</sup>. Die nicht erneuerbare Primärenergie, die dieser Haushalt für den Betrieb von Haushaltgeräten verbraucht, wird anhand von zwei Szenarien ermittelt: Im ersten Szenario besteht die Ausstattung aus energieeffizienten Geräten (mehrheitlich Geräte der Effizienzklasse A nach energieEtikette oder höher), im zweiten dagegen aus ineffizienten Modellen. Auch bei der Beleuchtung wird der Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie nach zwei Szenarien untersucht: Im ersten Fall werden Energiesparlampen verwendet (Effizienzklasse A), im zweiten herkömmliche Glühbirnen (Effizienzklasse E).

Berücksichtigt wird der gesamte Lebenszyklus mit Ausnahme der Entsorgungsphase, die auf Grund fehlender Umweltdaten ausgeklammert wurde. Das Ergebnis wird durch diese Vereinfachung jedoch nicht wesentlich beeinflusst, denn die Geräte, die im Sze-

---

<sup>12</sup> vgl. [www.energieetikette.ch](http://www.energieetikette.ch)

<sup>13</sup> Seit dem 1. Januar 2002 müssen in der Schweiz der Energieverbrauch und weitere Geräteeigenschaften gemäss EG-Richtlinien deklariert werden. Seither müssen Elektrogeräte mit einer Etikette versehen sein, die Aufschluss über Stromverbrauch und Energieeffizienz bietet.

<sup>14</sup> Die Berechnungen basieren auf einer Haushaltgrösse von 2,42 Personen [BFS, 2002].

nario für ein umweltbewusstes Konsumverhalten untersucht werden, unterscheiden sich im Hinblick auf Herstellung und verwendete Materialien kaum von herkömmlichen Geräten. In einem ersten Schritt wurde die zur Herstellung benötigte Energie anhand von Ökobilanzdaten und auf der Grundlage einer Publikation zum Thema graue Energie [ROTH, 1999] veranschlagt. Anschliessend wurde der Stromverbrauch während der Gebrauchsphase ausgehend von den von TopTest GmbH<sup>15</sup> bereitgestellten Angaben geschätzt. Die Elektrizität als Endenergie wurde zu Vergleichszwecken in Primärenergie<sup>16</sup> umgerechnet. Dieser zweite Schritt wurde somit ergänzt durch eine Schätzung der nicht erneuerbaren Primärenergie, basierend auf dem schweizerischen Strommix. Die Berechnungen erfolgten auf Haushaltsebene, die Resultate hingegen werden pro Person und Jahr ausgewiesen.

Die den Berechnungen zu Grunde liegenden Hypothesen und Detailangaben werden in Anhang 8 erläutert.

### **Einsparungspotenzial nach Handlungsalternativen**

#### **Beleuchten**

Als Schlüsselindikator für die Beleuchtung dient die Lichtausbeute, d. h. der Lichtstrom in Lumen pro verbrauchte Kilowattstunde. Je höher der Lichtstrom bzw. je heller die Lampe leuchtet, desto effizienter die Umwandlung von Energie in Licht. Die verschiedenen Typen von Leuchten werden im Wesentlichen nach diesem Kriterium beurteilt. Ergänzend dazu werden zwei weitere Kriterien herangezogen: die Lebensdauer und die Grösse.

Die Lichtausbeute von Leuchten der Effizienzklasse A (Leuchtstoffröhren und Fluoreszenzlampen, auch Energiesparlampen genannt) ist mehr als viermal höher als bei anderen Leuchtentypen. Um jedoch eine optimale Lichtausbeute zu gewährleisten, sind Energiesparlampen etwas grösser als herkömmliche Glühbirnen (Effizienzklasse E). Die Lebensdauer von Leuchtstoffröhren und Fluoreszenzlampen ist acht- bis zehnmal höher als die einer herkömmlichen Glühbirne und drei- bis sechsmal höher als die einer Halogenleuchte.

Im Rahmen des Szenarios wird untersucht, wie viel Energie benötigt wird, um den Beleuchtungsbedarf einer Person während eines Jahres sicherzustellen. Pro Haushalt wurde von insgesamt fünfzehn Leuchten ausgegangen, dies entspricht rund sechs Leuchten pro Person. Es wurde angenommen, dass diese Lampen während 1000 Stunden pro Jahr eingeschaltet sind, was einer Brenndauer von  $2\frac{3}{4}$  Stunden pro Tag entspricht. Als Referenz für ein energieeffizientes Modell dient eine Fluoreszenzlampe, die um ein Fünftel länger ist als eine Glühbirne. Sie liefert 900 Lumen während neun Jahren und ersetzt ungefähr neun herkömmliche 75-Watt-Glühbirnen mit einer Lebensdauer von je etwa einem Jahr.

<sup>15</sup> www.topten.ch, ein Projekt von TopTest GmbH (Joint Venture von Saldo/Consumprint AG, Oerlikon Journalisten AG und S.A.F.E. [Schweizerische Agentur für Energieeffizienz]) und weiteren Partnern.

<sup>16</sup> Die Primärenergie umfasst neben der Endenergie auch die Energie, die zur Erzeugung und Bereitstellung der Endenergie benötigt wird.

Abbildung 9 zeigt, dass der Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie bei der Herstellung minim ist. Entscheidend für die Kosten wie auch für den Energieverbrauch ist die Gebrauchsphase. Dies wäre selbst dann der Fall, wenn die Energiesparlampe eine viermal kürzere Lebensdauer hätte. Der Vergleich macht deutlich, dass trotz des höheren Anschaffungspreises die Verwendung verbrauchsarmer Leuchten sowohl ökologisch wie auch wirtschaftlich vorteilhafter ist. Energiesparlampen verursachen bis zu fünfmal tiefere Kosten, was einem bedeutenden Sparpotenzial entspricht.

Im Rahmen dieser Fallstudie weist das Beispiel der Beleuchtung das grösste Einsparungspotenzial auf. Zum Vergleich werden im Folgenden der Energieverbrauch und die Kosten (pro Person und Jahr) von energieeffizienten bzw. ineffizienten Geräten am Beispiel eines Kühlschranks, eines Geschirrspülers, einer Waschmaschine und eines Wäschetrockners einander gegenübergestellt (vgl. Abb. 10).

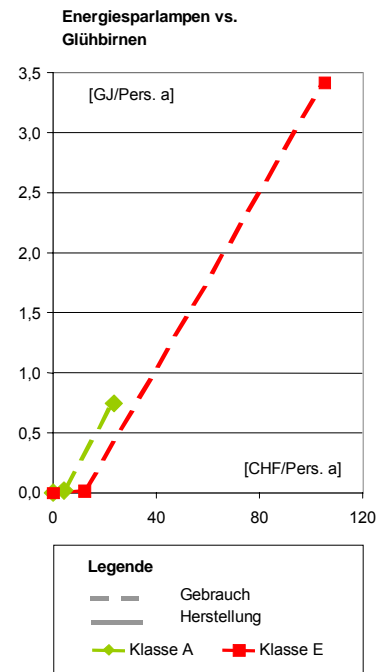


Abbildung 9: Kombiniertes Vergleich der Herstellung (—) und des Gebrauchs (- - -) von Leuchten der Effizienzklassen A und E unter energetischen und finanziellen Gesichtspunkten.

### Lebensmittel kühlen

Der Vergleich bezieht sich in diesem Szenario auf den jährlichen Energieverbrauch eines Kühlschranks mit einem Nutzinhalt von 222 Litern in einem Schweizer Durchschnittshaushalt. Kühlgeräte sind 365 Tage im Jahr während 24 Stunden pro Tag in Betrieb und verbrauchen somit rund um die Uhr Strom. Während der Gebrauchsphase wird weit mehr Energie benötigt als bei der Herstellung. Die Unterschiede zwischen Geräten verschiedener Effizienzklassen sind erheblich: Der untersuchte Kühlschrank der Effizienzklasse A+ verbraucht gut halb so viel Strom (pro Liter) wie ein Gerät der Klasse C (0,8 kWh/Liter\*Jahr bzw. 1,7 kWh/Liter\*Jahr). Durch den Einsatz energieeffizienter Kühlgeräte lassen sich die Umweltwirkungen erheblich vermindern, und auch die Kosten können gesenkt werden.

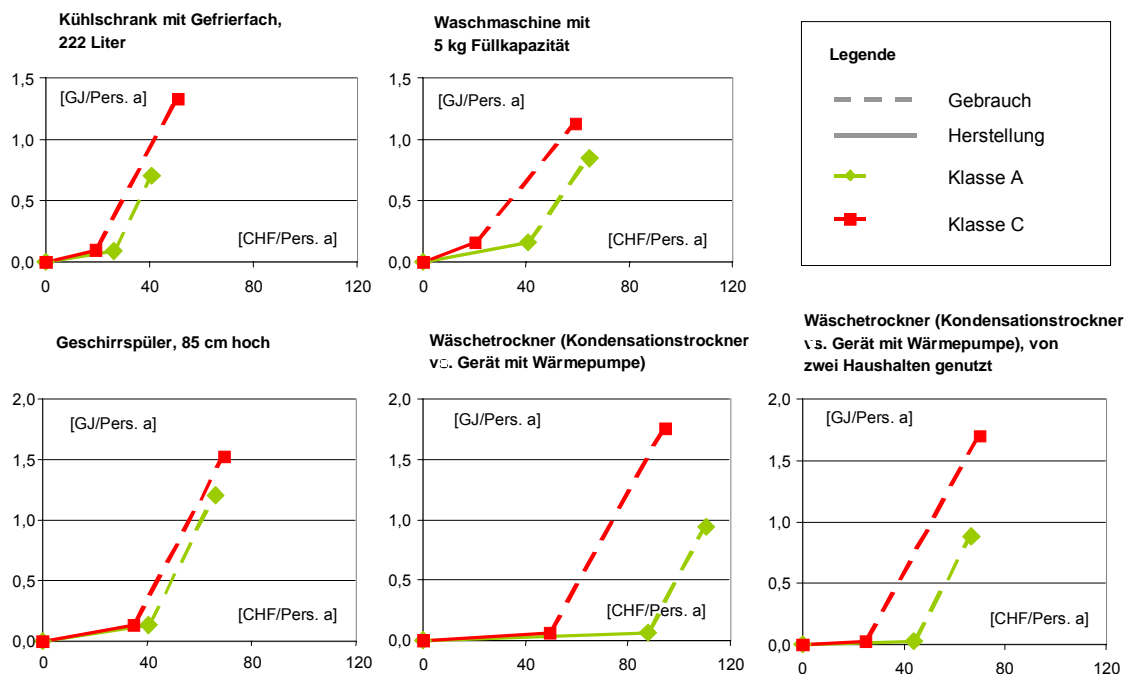


Abbildung 10: Leistungsvergleich bei der Herstellung (—) und beim Gebrauch (- - -) von Haushaltsgeräten der Effizienzklassen A und C unter energetischen (Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie) und finanziellen Gesichtspunkten pro Person und Jahr.

### Wäsche waschen und trocknen

Kleider sind aktive Produkte, d. h., bei ihrem Gebrauch – genauer gesagt beim Waschen und zum Teil auch beim Trocknen – wird Energie verbraucht. Das folgende Szenario bezieht sich auf das Waschen der Wäsche eines Durchschnittshaushalts während eines Jahres. Pro Jahr fallen schätzungsweise 780 kg Waschgut an, wofür rund 200 Waschgänge erforderlich sind.

Der Unterschied zwischen Waschmaschinen der Effizienzklassen A und C ist weniger gross als bei den Kühlschränken. Aber auch hier spielt die Gebrauchsphase punkto Energieverbrauch eine weitaus wichtigere Rolle als die Herstellung. Ausschlaggebend sind dabei vor allem die Waschtemperatur und die Dauer des Waschganges: Je tiefer die Temperatur und je kürzer das Programm, desto grösser die Energie- und Kosteneinsparungen. Auch die Anzahl der Waschgänge spielt eine Rolle. Es ist von Vorteil, die Trommel bei jedem Waschgang möglichst gut zu füllen, denn das Gewicht des Waschguts hat nur einen geringen Einfluss auf den Energieverbrauch.

Auch das Waschmittel hat einen Einfluss auf die Resultate, denn auf dieses entfällt ein nicht vernachlässigbarer Anteil der Energie, die in der Herstellungsphase benötigt wird, und seine Wirkung auf die Qualität der Ökosysteme (aquatische Lebensräume) ist erheblich. Diese Wirkung wird im Rahmen dieser Studie nicht beurteilt. Frühere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, wie wichtig es ist, die Waschmittelmenge sparsam und entsprechend der lokalen Wasserhärte zu dosieren. Bei sehr hartem Was-

ser kann der Einbau eines Ionenaustauschers zur Wasserenthärtung sinnvoll sein, denn dadurch wird weniger Waschpulver benötigt [JOLLIET, 2002].

Jedes Jahr werden in der Schweiz mehr als 450 Millionen Kilowattstunden Energie<sup>17</sup> für das Trocknen der Wäsche verbraucht – knapp halb so viel wie für das Waschen selbst. Würde allerdings in jedem Haushalt die gesamte Wäsche im Wäschetrockner getrocknet, so wäre der Energieverbrauch mehr als doppelt so hoch wie für das Waschen [TOPTEST GMBH, 2004].

Durch die Verwendung verbrauchsärmerer Geräte liessen sich Kosten und Energieverbrauch für das Trocknen von Wäsche um die Hälfte oder mehr verringern. Gegenwärtig sind allerdings nur sehr wenige Wäschetrockner der Effizienzklasse A auf dem Markt erhältlich. Diese Modelle arbeiten mit einer integrierten Wärmepumpe und sind deshalb relativ teuer<sup>18</sup>. Sie sind aus ökologischer Sicht zwar vorteilhafter, ein wirtschaftlicher Betrieb ist allerdings nur bei voller Auslastung möglich. Daher erscheint es sinnvoll, solche Geräte gemeinsam zu nutzen – etwa in einem Mehrfamilienhaus – oder gemeinsam anzuschaffen (ab zwei beteiligten Haushalten ist die Rentabilität gewährleistet). Die günstigste, d. h. aus wirtschaftlicher wie ökologischer Sicht vorteilhafteste Variante bei einem Einfamilienhaus dürfte es allerdings sein, die Wäsche im Freien zum Trocknen aufzuhängen.

**Geschirr von Hand  
abwaschen oder mit  
dem Geschirrspüler?**

Gegenstand des Szenarios ist der Strombedarf eines Haushalts für das Geschirrspülen während eines Jahres. Dabei werden zwei Geschirrspülermodelle sowie das Abwaschen von Hand miteinander verglichen. Wie auch in den anderen Szenarien fällt der grösste Energieverbrauch nicht in der Herstellungs-, sondern in der Gebrauchsphase an. Der Geschirrspüler der Effizienzklasse A ist zwar geringfügig teurer in der Anschaffung, ermöglicht aber Energie- und Kosteneinsparungen beim Gebrauch. Insgesamt fällt die Bilanz für das Gerät der Effizienzklasse A aus finanzieller wie auch aus ökologischer Sicht vorteilhaft aus.

Das Spülen mit einem energieeffizienten und vollen Geschirrspüler benötigt etwas weniger Wasser und Energie als das sparsame Abwaschen von Hand. Demgegenüber wird mit einem Geschirrspüler mehr Spülmittel verbraucht. Gegenwärtig sind praktisch keine phosphatfreien Geschirrspülmittel für Spülmaschinen auf dem Markt erhältlich<sup>19</sup>. Da Phosphate zur Eutrophierung von Seen führen, wären der Verkauf und die Verwendung phosphatfreier Produkte wünschenswert.

<sup>17</sup> Dies entspricht rund einem Prozent des Stromverbrauchs in den Haushalten.

<sup>18</sup> Gasbetriebene Wäschetrockner sind in der Anschaffung günstiger und weisen zugleich einen höheren thermischen Wirkungsgrad auf. Solche Geräte sind in gewissen Regionen Deutschlands bereits im Einsatz.

<sup>19</sup> In der Schweiz sind Phosphate in Waschmitteln seit 1986 verboten, in Spülmitteln für Geschirrspüler sind sie aber nach wie vor zulässig. In Frankreich sind Phosphate sowohl in Geschirrspül- als auch in Waschmitteln erlaubt.

Angesichts dieser durchgezogenen Bilanz kann der Entscheid, ob man seinen Abwasch von Hand erledigt oder lieber einen Geschirrspüler der Effizienzklasse A verwendet, eine reine Frage der persönlichen Präferenzen sein. Wird indessen ein Geschirrspüler verwendet, sollte dieser stets gut gefüllt sein.

### **Zusammenfassung der Resultate und Schlussfolgerungen**

Der Kauf von Sparlampen und eines Kühlschranks der höchsten Effizienzklasse (Klasse A oder höher) ist aus ökologischer wie auch aus finanzieller Sicht deutlich von Vorteil. Dasselbe gilt für den Erwerb eines energieeffizienten Geschirrspülers. In Bezug auf den Wäschetrockner ist der gemeinsame Erwerb eines Geräts mit integrierter Wärmepumpe weitaus vorteilhafter als die Verwendung eines herkömmlichen Trockners. Durch ein sinnvolles Nutzungsverhalten, wie es in der Fallstudie beschrieben wurde (Dauer des Waschganges, Auslastung der Waschmaschine, Wahl des Wasch- bzw. Geschirrspülmittels, gemeinsame Anschaffung) lässt sich die Ökobilanz noch verbessern. Die energieEtikette hilft dem Kunden, sich für energieeffiziente Lampen und Haushaltgeräte zu entscheiden. Auf diese Weise trägt sie massgeblich zur Optimierung der persönlichen Umweltbilanz bei und ermöglicht zudem finanzielle Einsparungen.

Die energieEtikette informiert lediglich über den Energieverbrauch bei der Verwendung des Geräts. Aber auch die Herstellung und Entsorgung von Elektrohaushaltgeräten wirken sich auf die Umwelt aus. Diese Umweltwirkungen werden in der vorliegenden Fallstudie ausgeklammert, da die Konsumentinnen und Konsumenten die Konzipierung und Produktion dieser Geräte kaum beeinflussen können. Ihr Handlungsspielraum in Bezug auf diese Umweltwirkungen beschränkt sich darauf, verbrauchsarme oder selten verwendete Geräte möglichst lange in Gebrauch zu halten. Auch die sachgerechte Entsorgung ausgedienter Geräte – in der Regel ein teilweises Recycling – kann die gesamthafte Ökobilanz positiv beeinflussen.

Die Überlagerung der verschiedenen Szenarien und die Beurteilung des Gesamtenergieverbrauchs pro Kopf machen die Vorteile des Kaufs von Geräten der höchsten Effizienzklasse gemäss energieEtikette (Klasse A oder höher) besonders deutlich. Abbildung 11 illustriert die kumulierten Einsparungen, die durch die Umsetzung der umweltverträglichsten Szenarien erzielt werden. Die energetischen und finanziellen Einsparungen sind unübersehbar: Pro Person können jährlich mehr als 5,4 GJ nicht erneuerbare Primärenergie (ca. 2,5 Prozent des jährlichen Verbrauchs pro Person und Jahr) bzw. 770 kWh Strom und mehr als 180 Franken eingespart werden.

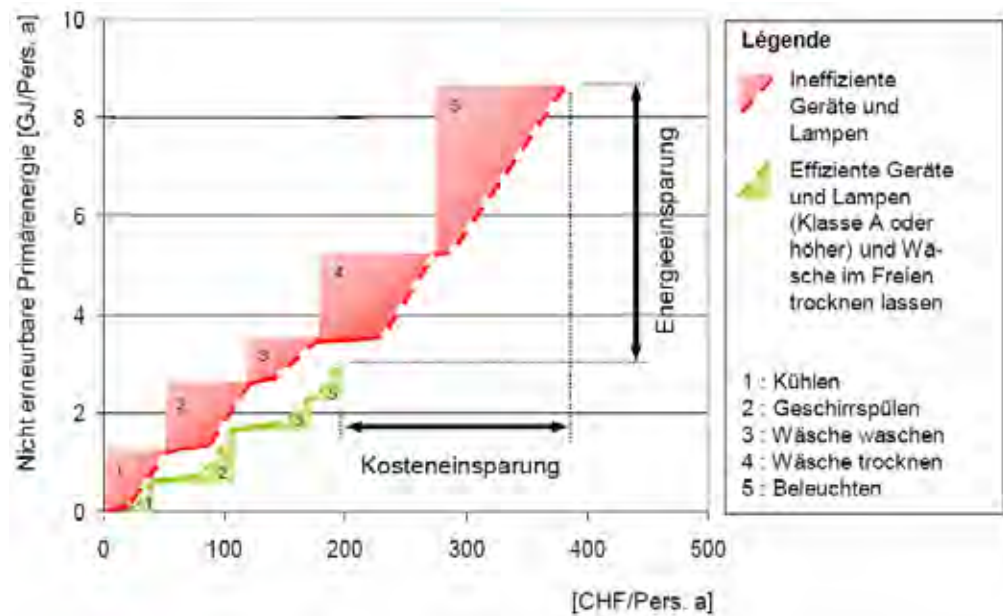


Abbildung 11: Kumulierte Energieeinsparungen pro Person und Jahr, die durch die in der Fallstudie beschriebenen Szenarien für ein umweltverträglicheres Konsumverhalten möglich werden (Energiesparlampen und energieeffiziente Geräte, Trocknen der Wäsche durch Aufhängen im Freien).

Entscheidend ist letztlich, was mit den aus einem geringeren Energieverbrauch resultierenden finanziellen Einsparungen geschieht. Werden diese Beträge in eine weitere Optimierung der persönlichen Ökobilanz reinvestiert, wird der ökologische Nutzen noch grösser. Ein Beispiel dafür wäre der Bezug von Strom aus erneuerbaren Energiequellen, der in der folgenden Fallstudie erörtert wird.

### 3.4.3 Fallstudie: investieren in Strom aus erneuerbaren Energien

#### Kontext: Investitionen zu Gunsten der langfristigen Versorgungssicherheit

Gesamthaft betrachtet beruht die Stromversorgung heute zu einem bedeutenden Teil auf nicht erneuerbaren Energien wie Kernenergie oder fossile Energien. In der Schweiz stellt sich die Lage etwas anders dar, denn dank der klimatischen und topografischen Bedingungen ist die Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energien hier zu Lande leichter als anderswo: Mehr als die Hälfte der schweizerischen Stromproduktion stammt aus Wasserkraftwerken. Allerdings importiert die Schweiz während der Nacht bedeutende Mengen Strom aus Kernenergie, um dann in Spitzenzeiten Strom aus Wasserkraft liefern zu können.



Für eine Senkung des Verbrauchs von Strom aus nicht erneuerbaren Energiequellen sprechen drei Gründe: erstens die Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, deren Preise stark schwanken können, zweitens die Verbesserung der Ökobilanz und drittens die Minderung des Risikos einer Nuklearkatastrophe. Das Risiko eines Störfalls ist in modernen Kernkraftwerken relativ gering, in älteren etwas höher. Ein hohes Störfallrisiko weisen Kraftwerke in politisch instabilen Ländern auf, die nach überholten technologischen Standards betrieben werden.

Die Fallstudie zur energieEtikette hat gezeigt, dass sich der geringere Stromverbrauch dank energieeffizienten Geräten und der sinnvolle Umgang mit Elektrizität finanziell auszahlen. Die Summen, die auf diese Weise eingespart werden, können in Strom aus erneuerbaren Energien reinvestiert werden. Auf diese Weise lässt sich die persönliche Umweltbilanz weiter verbessern.

### **Zweck der Szenarien: Verbesserungspotenziale aufzeigen**

Die im Folgenden dargestellten Szenarien sollen zeigen, wie jeder Einzelne seine persönliche Umweltbilanz optimieren kann, indem er sich für Strom aus erneuerbaren Energien entscheidet.

### **Ausgangshypothesen**

Vier Energiequellen für die Elektrizitätsgewinnung werden betrachtet, nämlich Windkraft, Fotovoltaik, Wasserkraft und Biomasse (Holz und Biogas). Die Datenbank ecoinvent 1.2 liefert Analysen zu jeder dieser vier Energiequellen, die den gesamten Lebenszyklus einschliesslich der Anlagen für die Elektrizitätsgewinnung abdecken.

Üblicherweise beträgt der Mehrpreis pro Kilowattstunde für Solarstrom 65 bis 90 Rappen, für Strom aus Wasserkraft 5 bis 10 Rappen und für Strom aus Windkraftanlagen 20 bis 50 Rappen [S.A.F.E., 2001]<sup>20</sup>. Eine Kilowattstunde Strom aus Biomasse ist 20 bis 70 Rappen teurer. Der in der Schweiz angebotene und verbrauchte durchschnittliche Strommix besteht zu rund 45 Prozent aus Kernenergie und zu 42 Prozent aus Wasserkraft [EGLI, 2004] (vgl. Anhang 2). Im Rahmen der Studie wurde von einem mittleren Strompreis von 20 Rappen pro Kilowattstunde ausgegangen. Der durchschnittliche jährliche Stromverbrauch pro Person beträgt schätzungsweise 2312 kWh [BFE, 2004].

### **Einsparungspotenzial**

Abbildung 2 illustriert die geschätzten Kosten und Umweltwirkungen pro Kilowattstunde Strom aus verschiedenen Energiequellen sowie den geschätzten Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie pro Kilowattstunde.

---

<sup>20</sup> Die den Privatverbrauchern verrechneten Mehrpreise widerspiegeln nicht zwangsläufig die Produktionskosten. Die Produktionskosten für Strom aus Windkraft beispielsweise nähern sich an die Produktionskosten für den europäischen Strommix an.

Für die Erzeugung des pro Person und Jahr in der Schweiz verbrauchten Strommixes werden 16,9 GJ nicht erneuerbare Primärenergie benötigt, für die Gewinnung derselben Menge Strom aus Windkraft dagegen nur 0,6 GJ. Würde ausschliesslich Strom aus Windkraftwerken konsumiert, liessen sich pro Person und Jahr rund 16 GJ nicht erneuerbare Primärenergie einsparen. Dies entspricht praktisch 8 Prozent des Jahresverbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie pro Person. Gleichzeitig liessen sich die Umweltwirkungen gemäss Berechnungen nach der Methode der ökologischen Knappheit um mehr als 90 Prozent verringern. Hingegen wären die Kosten höher: Eine Privatperson, die ausschliesslich Strom aus Windkraft konsumiert, bezahlt derzeit pro Jahr rund 800 Franken mehr als für den herkömmlichen Strommix. Abhängig von der Energiequelle, der Region und dem technologischen Entwicklungsstand variieren die Preise pro Kilowattstunde erheblich.

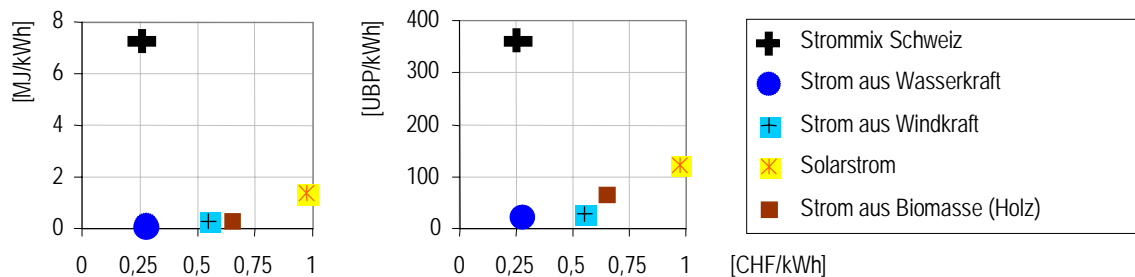


Abbildung 12: Schätzung des Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie und der Umweltwirkungen der Elektrizitätsgewinnung nach verschiedenen Energiequellen (Berechnungen basierend auf ECOINVENT 1.2 [2005] und S.A.F.E. [2001]).

Für Strom aus Biomasse bzw. für Solarstrom fällt das Ergebnis ähnlich aus, wobei im letzteren Fall die Preise höher sind. Eine Erhöhung des Verbrauchs von Strom aus Wasserkraft ist wenig realistisch, da das Potenzial in der Schweiz bereits weitgehend ausgeschöpft ist. Hingegen haben die Konsumentinnen und Konsumenten die Möglichkeit, gegen einen Aufpreis Strom aus Wasserkraft zu beziehen, bei dessen Gewinnung gewisse Kriterien zum Schutz der Ökosysteme (z. B. Einhaltung der Mindestwassermengen) beachtet werden müssen<sup>21</sup>.

<sup>21</sup> Das Label «naturemade star» beispielsweise schreibt gewisse Standards in Bezug auf eine umweltschonende Wasserkraftnutzung vor.

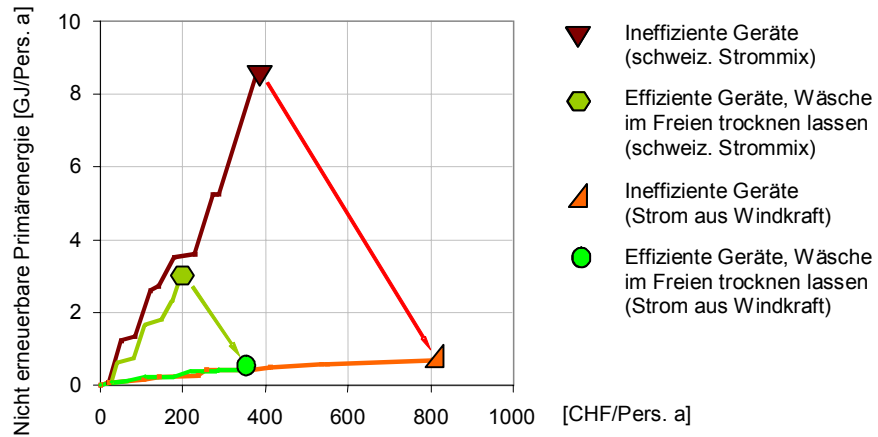


Abbildung 13: Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie und Kosten pro Person und Jahr abhängig von der Herkunft des Stroms und der Energieeffizienz der verwendeten Geräte (Beleuchten, Kühlen, Waschen und Trocknen, Geschirrspülen).

Abbildung 13 veranschaulicht das Potenzial für Kosteneinsparungen und für eine Verringerung des Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie je nach Herkunft des Stroms und abhängig von der Energieeffizienz der verwendeten Geräte. Durch die Wahl energieeffizienter Apparate (Klasse A und höher) an Stelle von ineffizienten Geräten und durch das Trocknen der Wäsche im Freien anstatt im Trockner sind bereits mit dem in der Schweiz üblichen Strommix jährliche Einsparungen von 180 Franken pro Person möglich. In diesem Fall werden pro Person und Jahr mehr als 5 GJ nicht erneuerbare Primärenergie eingespart. Durch die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien (Windkraft gemäss Beispiel in Abb. 13) erhöht sich der Minderverbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie auf rund 8 GJ pro Person und Jahr. Die jährlichen Kosteneinsparungen pro Kopf belaufen sich in diesem Fall auf etwa 20 Franken.

Die Verwendung von Haushaltgeräten der höchsten Effizienzklasse gemäss energie-Etikette erlaubt es somit, ohne finanzielle Einbussen den Strombedarf ausschliesslich mit Elektrizität aus erneuerbaren Energien zu decken.

### Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Aus ökologischer Sicht ist die Deckung des Elektrizitätsverbrauchs mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen eindeutig vorteilhafter. Die damit einhergehenden Mehrkosten lassen sich durch die Verwendung energieeffizienter Geräte und Lampen kompensieren.

Auch die Produzenten können in erneuerbare Energien investieren, wodurch sich die gesamthafte Ökobilanz der Konsumgüter verbessern würde. Erneuerbare Energien gewinnen sowohl in der Politik wie auch auf dem Markt zunehmend an Bedeutung, und die damit verbundenen Technologien entwickeln sich laufend weiter.

## 3.5 Ernährung

Der Konsumbereich der Ernährung ist äusserst heterogen. Je nach Jahreszeit und Herkunft werden unterschiedliche Erzeugnisse angeboten, und ihre Umweltwirkung lässt sich nur schwer beziffern. Die Umweltwirkungen sind hauptsächlich in der landwirtschaftlichen Produktion angesiedelt. Ausschlaggebend ist weniger der Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie als andere Faktoren wie z. B. die Fragmentierung und Veränderung von Ökosystemen durch die Landbeanspruchung, die Eutrophierung der Gewässer durch Nährstoffeinträge, der hohe Wasserverbrauch, die toxische Wirkung von Schädlings- und Unkrautvernichtungsmitteln oder die Beeinträchtigung der Bodenqualität durch Anbaumethoden, die gegen Umweltnormen verstossen.

### 3.5.1 Schlüsselfaktoren, -akteure und -entscheide

#### Schlüsselakteure

Da die wichtigsten Umweltwirkungen in der Herstellungsphase entstehen, spielen die **Produzenten** eine zentrale Rolle. Die **Konsumentinnen und Konsumenten** dagegen haben weniger Möglichkeiten, direkt Einfluss zu nehmen. Durch ihr Verhalten – namentlich beim **Kauf** – können aber auch sie zur Verbesserung der Ökobilanz beitragen. Die Bevorzugung von mit einem Label ausgezeichneten Erzeugnissen beispielsweise begünstigt umweltverträgliche Produktionsmethoden über das Spiel von Angebot und Nachfrage.

#### Schlüsselentscheide

Sieben von JUNGBLUTH ET AL. [2004A UND 2004B] und FAIST [2000] formulierte Empfehlungen für eine umweltbewusste Ernährung wurden für die vorliegende Studie überarbeitet und mit Schätzungen ergänzt. Sie werden nachstehend in der Rangfolge ihres Beitrags zur Entlastung der persönlichen Ökobilanz genannt.

#### 1. Weniger Fleisch essen

Am wirkungsvollsten ist wohl der Entscheid der Konsumentinnen und Konsumenten, weniger Fleisch und stattdessen mehr Milch- und Getreideprodukte, Hülsenfrüchte (z. B. Soja) und Gemüse zu verzehren. Damit verbessert der Konsument seine globale Energiebilanz, denn für das Mästen eines Tieres beispielsweise werden pro produzierte Nährwerteinheit mehr Ressourcen verbraucht als für die Aufzucht einer Milchkuh. Ausserdem verbraucht der Ackerbau pro produzierte Nährwerteinheit weniger Primärenergie, Wasser und Boden als die Nutztierhaltung. Durch eine Ernährung, die vermehrt auf Milch- und Getreideprodukten, Gemüse und Obst beruht, kann jedermann seine persönliche Energiebilanz optimieren.

Ein Beispiel: Eine «durchschnittliche» Ernährungsweise bewirkt einen Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie von 34 GJ pro Person und Jahr (vgl. Anhang 5, Tabelle 16). Bei einer rein vegetarischen Ernährung würde sich dieser Verbrauch um rund 5,5 GJ pro Person und Jahr verringern. Diese Differenz entspricht ungefähr 2,5 Prozent des individuellen Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie pro Person und Jahr. Wer seinen Fleischverzehr im Vergleich zu einer «normalen» Ernährung um die Hälfte reduziert, verbessert seine persönliche Bilanz um rund 2,8 GJ nicht erneuerbare Primärenergie pro Jahr. Noch bedeuten-

der sind die Einsparungen in Bezug auf die Landbeanspruchung und den Wasserverbrauch.

**2. Saisongerechte Produkte wählen – Kulturen aus beheizten Gewächshäusern meiden**

Würden ausschliesslich saisonale Erzeugnisse gekauft, könnten pro Person und Jahr ausgehend vom durchschnittlichen Konsum bis zu 1 GJ nicht erneuerbare Primärenergie und bis zu 80 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart werden.

**3. Eingeflogene Nahrungsmittel vermeiden**

Auf diese Weise können im Vergleich zum Durchschnittsverbrauch bis zu 0,5 GJ nicht erneuerbare Primärenergie pro Person und Jahr eingespart werden.

**4. Erzeugnisse aus Kulturen bevorzugen, die die Bodenqualität<sup>22</sup> und -fruchtbarkeit erhalten, z. B. Produkte des biologischen Landbaus**

Wird diese Maxime befolgt, kann dies eine bedeutende Bereicherung der Artenvielfalt und eine Verringerung der Pestizid- und Herbizidemissionen bewirken. Gleichzeitig aber erhöht sich dadurch die für die landwirtschaftliche Produktion erforderliche Bodenfläche um rund 10 Prozent.

**5. Einkaufen mit Carsharing und öffentlichen Verkehrsmitteln anstatt mit dem eigenen Auto**

Auf diese Weise sind – abhängig von der Entfernung bis zu den Einkaufsmöglichkeiten und der Einkaufshäufigkeit – Einsparungen von mehreren Gigajoule nicht erneuerbarer Primärenergie pro Person und Jahr möglich. Geht man davon aus, dass zweimal wöchentlich in einem zehn Kilometer von der Haustür entfernten Geschäft eingekauft wird, und zwar einmal mit dem öffentlichen Verkehr und einmal mit einem Carsharing-Fahrzeug, werden pro Person und Jahr rund 1,5 GJ nicht erneuerbare Primärenergie weniger verbraucht, als wenn dafür das Privatauto verwendet wird<sup>23</sup>.

**6. Leitungswasser trinken**

Wird anstatt Mineralwasser aus der Flasche Leitungswasser getrunken, entlastet dies die Energiebilanz pro Person und Jahr um rund 0,6 GJ (2004 wurden pro Kopf im Durchschnitt 108 Liter Mineralwasser konsumiert). Gleichzeitig führt eine solche Verhaltensänderung dazu, dass weniger häufig mit dem Auto eingekauft werden muss.

**7. Leichte Verpackungen bevorzugen**

---

<sup>22</sup> Kennzeichnend für die Bodenqualität sind beispielsweise die Bodenstruktur, der Humusgehalt und die Artenvielfalt.

<sup>23</sup> Die Berechnungen basieren auf durchschnittlicher Technologie und durchschnittlichem Besetzungsgrad (Auto: 1,59 Personen) [ECOINVENT 1.2, 2005].

Tabelle 11: Umwelt-Entscheidungsmatrix für den Konsumbereich «Ernährung».

SCHLÜSSELENTSCHEIDE UND -FAKTOREN		EINFLUSS AUF UMWELTWIRKUNG				AKTEURE UND OPTIMIERUNGSANSÄTZE		
Qualitativ:	Quantitativ: Einfluss des Entscheids auf die gesamte Umweltwirkung pro Person und Jahr	Herstellung		Transport	Gebrauch	Entsorgung	Akteure	Optimierungsansätze
Starker Einfluss								
Mittlerer Einfluss	+++++ > +/- 20 %							
Geringer Einfluss	++++ [+/- 10 % bis 20 %]							
Sehr geringer bzw. nicht identifizierter Einfluss	+++ [+/- 4 % bis 10 %] ++ [+/- 2 % bis 4 %] + [+/- 0,5 % bis 2 %] < +/- 0,5 %							
		Kriterium: Landbeanspruchung	Andere Kriterien: Qualität der Ökosysteme usw.					
Herstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herstellung</li> <li>• Erzeugungsort, Wasserverbrauch (Überbeanspruchung natürlicher Wasserressourcen)</li> <li>• <b>Anbauart und Landbeanspruchung</b> (extensiv, intensiv, Gewächshaus, biolog. Landbau, integr. Produktion, herkömmliche Anbaumethode usw.)</li> <li>• Weiterverarbeitung von Primärerzeugnissen</li> </ul>	+ <sup>1)</sup> ++++** <sup>2)</sup>	+ <sup>1)</sup> *	+ <sup>1)</sup>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produzenten</li> <li>• Staat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subventionen, Steuern/Abgaben</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vertrieb</li> <li>• Transportmittel</li> <li>• Grösse des Geschäfts (Einzel-/Grosshandel usw.)</li> </ul>				+ <sup>1)</sup>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Händler – Verteiler</li> <li>• Käufer/-innen – Konsumierende</li> </ul>
Erwerb	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kauf/Wahl von Nahrungsmitteln</li> <li>• Entfernung zum Einkaufsort / Verkehrsmittel, Einkaufshäufigkeit</li> <li>• <b>Art der Nahrungsmittel (Fleisch, pflanzlich, Konservierungsmethode usw.)</b></li> <li>• Herkunft</li> <li>• Jahreszeit</li> <li>• Verpackung</li> </ul>	++++ <sup>2)</sup>	++ <sup>1), 2)</sup> + <sup>1), 2)</sup> ++ <sup>1), 2)</sup> + <sup>1), 2)</sup>	+ <sup>1)</sup> + <sup>1)</sup>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Käuferinnen und Käufer – Konsumierende</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Labels</li> <li>• Informationen</li> </ul>
Gebrauch	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konsumverhalten im Alltag</li> <li>• Nutzung und Typ der Geräte (energieEtikette, Geschirrspülmaschine, Backofen usw.)</li> </ul>				+ <sup>1)</sup>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsumierende</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>b) Labels</li> <li>c) Informationen</li> </ul>
Entsorgung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entsorgung</li> <li>• Menge der Abfälle bzw. Reste</li> <li>• Entsorgungsart (Kompostierung, Vergärung, Verbrennung usw.)</li> </ul>					+ <sup>1)</sup> + <sup>1)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsumierende</li> </ul>	

<sup>1)</sup> Schätzungen von [KAENZIG ET AL.].

<sup>2)</sup> [JUNGLUTH ET AL., 2004A].

\* Zur Beurteilung der Umweltwirkung von Anbausystemen sind noch keine quantitativen Methoden verfügbar.

\*\* Der biologische Landbau beansprucht rund 10 Prozent mehr Bodenfläche als konventionelle Anbaumethoden [JUNGLUTH ET AL., 2004A]. Beim gleichzeitigen Verzicht auf Fleisch und dem Konsum von Erzeugnissen aus biologischem Landbau wird der erhöhte Bodenbedarf für biologische Produktionsmethoden durch die Verringerung der für die Fleischproduktion benötigten Fläche kompensiert [FAIST, 2000].

### **3.6 Öffentliche Dienste und Versicherungen**

Zweck der vorliegenden Studie ist es, Verbrauchsmuster aufzuzeigen, die die Konsumentinnen und Konsumenten individuell umsetzen können. Aus diesem Grund wurde der Konsumbereich der öffentlichen Dienste und Versicherungen nicht im Detail und anhand von Szenarien untersucht. Allerdings könnte eine detaillierte Untersuchung des Typs Ökobilanz, die im Speziellen die Umweltwirkungen der von öffentlichen Diensten und Versicherungen erbrachten Leistungen erörtert, für Behörden durchaus von Interesse sein.

# 4 Abschliessender Vergleich und potenzielle Vorteile

## 4.1 Entscheidungsspielraum der Konsumentinnen und Konsumenten und mögliche Einsparungen

In Abbildung 14 werden 13 Szenarien für einen umweltbewussten Konsum unter ökologischen und finanziellen Gesichtspunkten situiert. Der Nullpunkt entspricht der Ausgangssituation. Die horizontale Achse beziffert die finanziellen Einsparungen (negative Werte) bzw. die Mehrkosten (positive Werte), während die vertikale Achse sich auf die Energieeinsparungen bzw. auf die Verringerung der Umweltwirkung in UBP bezieht. Die einzelnen Szenarien sowie die entsprechenden Ausgangssituationen sind in Tabelle 12 und in den daran anschliessenden Erläuterungen beschrieben. Diese Szenarien lassen sich nicht zwangsläufig kumulieren, und selbstverständlich ist die hier gebotene Auswahl nicht erschöpfend. Ziel dieser Studie ist es aufzuzeigen, wie sich die Anwendung der Szenarien für einen umweltgerechteren Konsum auf die persönliche Kosten- und Umweltbilanz des Konsumenten auswirken kann.

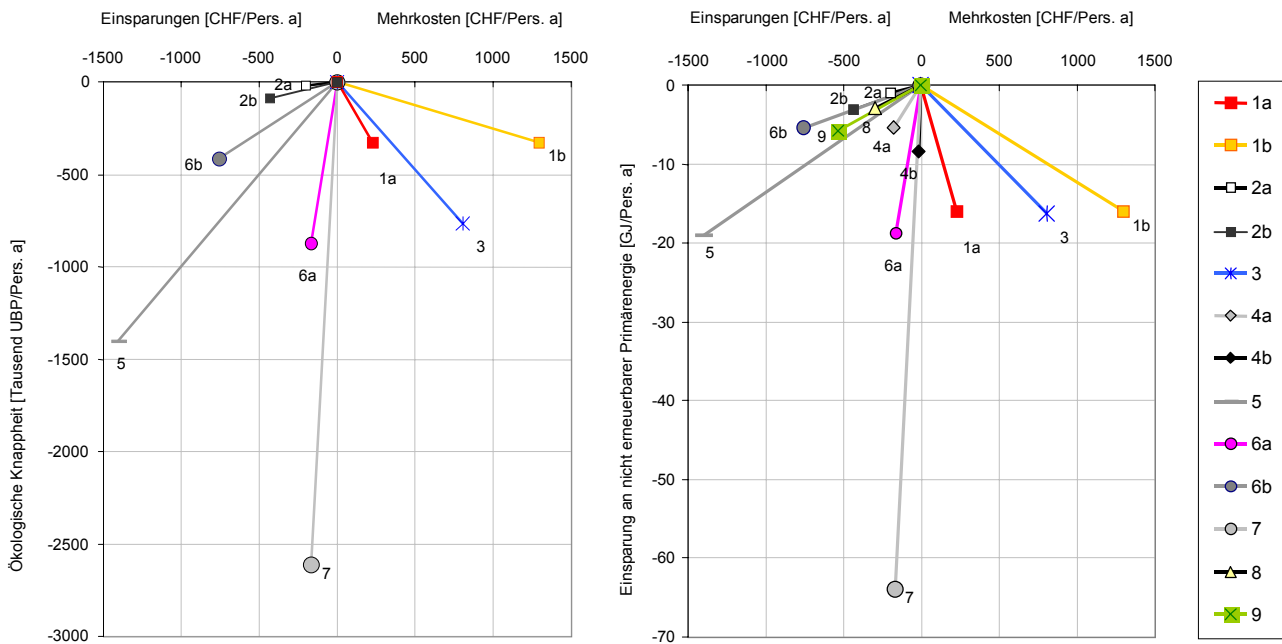


Abbildung 14: Einsparungen an nicht erneuerbarer Primärenergie und Verminderung der Umweltwirkungen in UBP für 13 Szenarien für ein umweltbewusstes Konsumverhalten.



Tabelle 12: Vergleich von 13 Szenarien für ein umweltbewusstes Konsumverhalten mit der jeweiligen Ausgangssituation aus finanzieller, energetischer und ökologischer Sicht (Werte pro Person und Jahr). Jede Zeile entspricht einem Vergleich.

Nr.			CHF	%	GJ	%	kUBP	%
0	Gesamtbilanz pro Person und Jahr		39'000	100	214	100	9432	100
Szenarien			Kosten- differenz / Pers. a		Δ Energie- bilanz / Pers. a		Δ Umwelt- bilanz / Pers. a <sup>24</sup>	
Nr.	Szenario	Ausgangslage	CHF	% <sup>25</sup>	GJ	% <sup>26</sup>	kUBP	% <sup>27</sup>
1a	MINERGIE-Haus (Hypothekzinssatz 2 %)	Konventionelles Haus (Grenzwerte nach SIA 380/1, Hypothekzinssatz 2 %)	225	0,6	-16,0	-7,5	-329 <sup>28</sup>	-3,5
1b	MINERGIE-Haus (Hypothekzinssatz 4 %)	Konventionelles Haus (Grenzwerte nach SIA 380/1, Hypothekzinssatz 4 %)	1296	3,3	-16,0	-7,5	-329 <sup>28</sup>	-3,5
2a	Temperaturabsenkung um 2 °C in einem MINERGIE-Haus (z. B. 19–20 °C am Tag, 18 °C nachts)	Ständige Innentemperatur von 21–22 °C in einem MINERGIE-Haus (Tag und Nacht)	-200	-0,5	-1,0	-0,5	-18	-0,2
2b	Temperaturabsenkung um 2 °C in einem konventionellen Haus (Grenzwerte nach SIA 380/1) (z. B. 19–20 °C am Tag, 18 °C nachts)	Ständige Innentemperatur von 21–22 °C (Tag und Nacht) in einem konventionellen Haus (Grenzwerte nach SIA 380/1)	-434	-1,1	-3,0	-1,4	-88	-0,9
3	2313 kWh Elektrizität aus Windkraft	2313 kWh schweizerischer Strommix	800	2,1	-16,2	-7,6	-768	-8,2
4a	Energieeffiziente Leuchten und Haushaltgeräte, Wäsche im Freien trocknen lassen	Ineffiziente Leuchten und Haushaltgeräte	-180	-0,5	-5,4	-2,5	-268	-2,8
4b	Energieeffiziente Leuchten und Haushaltgeräte, Wäsche im Freien trocknen lassen und Bezug von Strom aus Windkraft	Ineffiziente Leuchten und Haushaltgeräte und Strom aus herkömmlichen Quellen (schweizerischer Strommix)	-20	-0,2	-8,4	-3,9	-407	-4,3
5	10'000 km mit öffentlichen Verkehrsmitteln	10'000 km mit privatem Motorfahrzeug	-1465	-3,8	-19,0	-8,9	-1400	-14,8
6a	Auslandsreise im Zug	Auslandsreise im Flugzeug	-167	-0,5	-18,7	-8,8	-870	-9,2
6b	Auslandsreise im Zug	Auslandsreise im Auto	-757	-1,9	-5,4	-2,5	-415	-4,4
7	Ferien in der Schweiz	Ferien in den USA (Chicago)	-168	-0,4	-64,0	-29,9	-2612	-27,7
8	Verlängerung der Gebrauchsdauer von passiven Gütern um 10 %	Übliche Gebrauchsdauer von passiven Gütern	-296	-0,8	-2,9	-1,4	o.A.	o.A.
9	Vegetarische Ernährung	Durchschnittlicher Fleischverzehr	-537	-1,4	-5,8	-2,7	o.A.	o.A.

<sup>24</sup> Diese Werte wurden anhand der von BRAUNSCHWEIG ET AL. [1998] aktualisierten Methode der ökologischen Knappheit ermittelt. 1997 betrug die gesamthafte jährliche Umweltwirkung pro Einwohner der Schweiz 9432 (UBP). Dieser Wert dürfte sich in der Zwischenzeit erhöht haben. Entscheidend ist indessen, dass mit dieser Methode beurteilt werden kann, in welchem Umfang die vorgeschlagenen Szenarien zu einer Verbesserung der gesamthaften Umweltbilanz beizutragen vermögen.

<sup>25</sup> In Prozent der jährlichen Verbrauchskosten (100 % = CHF 39'000.–).

<sup>26</sup> In Prozent des jährlichen Energieverbrauchs (100 % = 214 GJ nicht erneuerbare Primärenergie).

<sup>27</sup> In Prozent der jährlichen Umweltwirkung (100 % = 9432 Tausend UBPs pro Person und Jahr).

<sup>28</sup> Der Umweltvorteil ist nicht proportional zur Energieeinsparung, da in diesem Szenario davon ausgegangen wurde, dass als Heizenergiequelle Erdgas verwendet wird. Bei einer Ölheizung wäre der Umweltvorteil grösser.

## Wohnen

(Szenarien 1a, 1b, 2a, 2b, 3)

Die **Szenarien 1a und 1b** entsprechen den in Kapitel 3.3.2 vorgestellten Fallstudien. Zu bemerken ist, dass dabei Erdgas als Energiequelle angenommen wird – aus ökologischer Sicht eine der vorteilhaftesten fossilen Energiequellen. Die Verringerung des Energieverbrauchs schlägt sich deshalb nicht in gleichem Masse in einer Verringerung der Umweltwirkung (in UBP) nieder wie bei einer Ölheizung.

**Szenario 1a** beruht auf einem günstigen Hypothekarzins von 2 Prozent und einem Standard-MINERGIE-Haus, bei dem die Anfangsinvestition rund 5 Prozent über derjenigen für ein konventionelles Haus liegt. Der Vergleich bezieht sich auf ein Haus, das die SIA-Grenzwerte erfüllt, und einen Hypothekarzins von ebenfalls 2 Prozent.

**Szenario 1b** ist grundsätzlich mit Szenario 1a identisch, geht jedoch von einem deutlich höheren Hypothekarzinsatz von 4 Prozent aus.

**Szenario 2a** sieht eine Absenkung der Raumtemperatur in einem MINERGIE-Haus um 2 °C vor.

**Szenario 2b** bezieht sich auf die Absenkung der Raumtemperatur in einem konventionellen Haus (Grenzwerte nach SIA 380/1) um 2 °C.

In **Szenario 3** wird davon ausgegangen, dass an Stelle des herkömmlichen schweizerischen Strommix ausschliesslich Elektrizität aus Windkraft verbraucht wird. Der Umweltvorteil ist signifikant: Der gesamte Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie pro Person und Jahr sowie die Umweltwirkung pro Person und Jahr in UBP lassen sich so um 8 Prozent senken.

## Private Mobilität

(Szenarien 5, 6a, 6b, 7)

**Szenario 5** beruht auf der Annahme, dass die 10'000 km, die ein Einwohner der Schweiz<sup>29</sup> jährlich bewältigt, mit öffentlichen Verkehrsmitteln (Bus, Zug usw.) bzw. im Rahmen des Carsharing<sup>30</sup> zurückgelegt werden. Der Vergleich bezieht sich auf eine Situation, in der dieselbe Distanz im Privatauto zurückgelegt wird. Die Energieeinsparungen und die Verbesserung der Umweltbilanz, die mit der ersten Variante erzielt werden, sind bedeutend, nämlich eine Verringerung des Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie von 9 Prozent pro Person und eine Entlastung der persönlichen Umweltbilanz um nahezu 15 Prozent. Für einen Haushalt mit drei Erwachsenen und einem Kind betragen die Kosteneinsparungen rund 1400 Franken pro Person, bei einem Zwei-Personen-Haushalt ungefähr 2000 Franken pro Person.

Gegenstand von **Szenario 6a** sind zwei Bahnreisen, die eine nach Paris und die andere nach Berlin. Diese Varianten werden mit je einer Flugreise nach diesen beiden Städten verglichen.

**Szenario 6b** illustriert ebenfalls zwei Bahnreisen, nämlich eine Reise nach Paris zu zweit und eine Fahrt nach Berlin (eine Person auf der Hin- und zwei Personen auf der Rückfahrt). Dies entspricht ungefähr dem mittleren Besetzungsgrad eines Autos in der Schweiz<sup>31</sup>. Dabei wird zwischen einer Bahn- und einer Autoreise verglichen.

<sup>29</sup> Im Durchschnitt legt eine Person in der Schweiz jährlich 9890 km mit dem Auto zurück [ARE/BFS, 2002].

<sup>30</sup> In diesem Szenario wurde davon ausgegangen, dass für sämtliche Haushaltmitglieder ein Generalabonnement erworben wird und 2000 km mit einem Carsharing-Fahrzeug zurückgelegt werden.

<sup>31</sup> Der durchschnittliche Besetzungsgrad eines Autos in der Schweiz beträgt 1,59 Personen [ECOINVENT, 2004].

Die Distanz, die im Rahmen der Szenarien 6a und 6b betrachtet wird, entspricht ungefähr der durchschnittlichen Distanz, die ein Einwohner der Schweiz im Jahr per Flugzeug zurücklegt (2633 km).

**Szenario 7** geht davon aus, dass an Stelle von Chicago ein Urlaubsziel in der Schweiz gewählt wird. Es wird angenommen, dass die Umweltwirkungen am jeweiligen Urlaubsort gleich sind. Hingegen ist die Umweltwirkung eines Langstreckenflugs nach Chicago sehr gross: Auf diese Reise entfallen rund 30 Prozent des Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie pro Person und Jahr in der Schweiz und nahezu 28 Prozent der jährlichen Umweltwirkung pro Person in UBP<sup>32</sup>.

Konsumgüter  
(Szenarien 4a, 4b, 8)

In **Szenario 4a** werden für Beleuchtung, Waschen, Kühlen und Geschirrspülen energieeffiziente Haushaltgeräte (Effizienzklasse A oder höher nach energieEtikette) verwendet, und die Wäsche wird statt im Trockner im Freien getrocknet.

**Szenario 4b** ist mit Szenario 4a identisch, allerdings wird hier ausschliesslich Energie aus Windkraft verbraucht. In der Ausgangssituation kommen ineffiziente Geräte zum Einsatz, und die konsumierte Elektrizität entspricht dem schweizerischen Strommix. Der Vergleich zeigt, dass es vorteilhaft ist, das durch die Verwendung energieeffizienter Geräte eingesparte Geld in Strom aus erneuerbarer Energie zu investieren, und zwar sowohl aus ökologischer (Verringerung des Gesamtverbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie um 3,5 Prozent pro Person und Jahr) als auch aus wirtschaftlicher Sicht (Kosteneinsparung von 20 Franken pro Jahr).

**Szenario 8** geht von einer um 10 Prozent verlängerten Gebrauchsdauer passiver Konsumgüter aus (Sportartikel, Schmuck, Kleider und Schuhe, Garten- und Haustierbedarf, persönliche Effekten, Spiele, Lektüre, Bettwäsche, Möbel, Teppiche, Vorhänge, Geschirr). Die daraus resultierenden Energieeinsparungen sind nicht sehr bedeutend. Die Verringerung der Umweltwirkung dürfte indessen wesentlich grösser sein, sie konnte jedoch mangels Daten nicht kalkuliert werden.

Ernährung  
(Szenario 9)

In **Szenario 9** wird von einer vegetarischen Ernährung ausgegangen, bei der Fleisch durch Milchprodukte ersetzt wird. Verglichen mit einer Ernährung, die einen durchschnittlichen Fleischverzehr beinhaltet, sind die Kostenvorteile (rund 500 Franken pro Person und Jahr) sowie die Energieeinsparungen (2,7 Prozent des gesamten Energieverbrauchs) erheblich. Würden zudem sämtliche Umweltwirkungen des Konsumbereichs Ernährung berücksichtigt, die hier weniger als in anderen Bereichen mit dem Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie zusammenhängen, fiel die Bilanz noch vorteilhafter aus.

Bemerkungen

Die Preis- bzw. Kostenvergleiche im Rahmen der Szenarien für ein umweltbewusstes Konsumverhalten beziehen sich grösstenteils auf den Energieverbrauch, denn die übrigen natürlichen Ressourcen wie Luft oder Trinkwasser sind entweder gratis oder

---

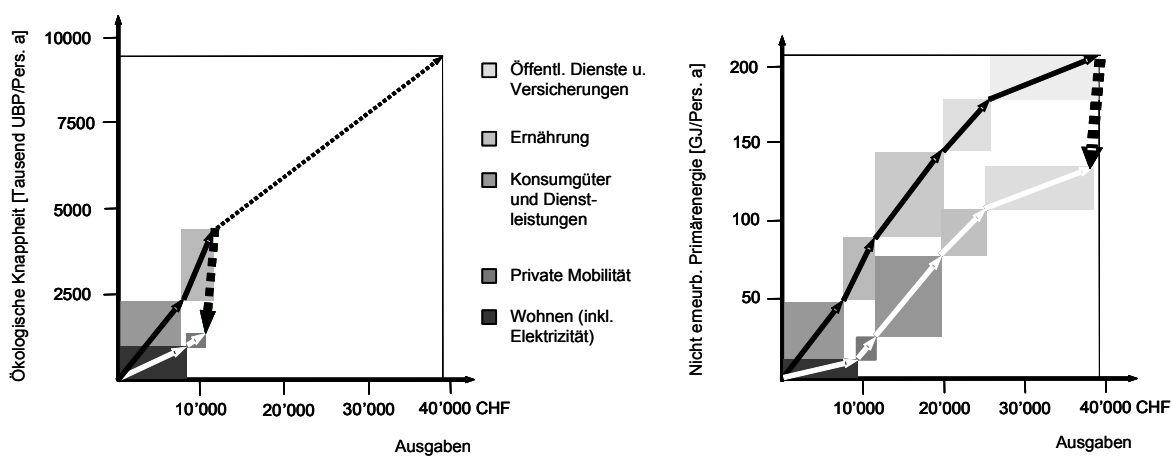
<sup>32</sup> Zur Illustration: Ein Flug nach Australien ist rund 2,3-mal weiter als eine Reise nach Chicago, seine Ökobilanz ist demnach 2,3-mal schlechter.

fallen für die Konsumentinnen und Konsumenten kostenmässig kaum ins Gewicht. Dies bedeutet allerdings nicht, dass nur der Energieverbrauch von Belang ist. Bei einem Anstieg der Preise für nicht erneuerbare Energien würde sich die Attraktivität der vorgestellten Szenarien noch erhöhen.

## 4.2 Beurteilung der potenziellen Vorteile

Abbildung 15 illustriert die kumulierten ökologischen, energetischen und finanziellen Vorteile, die durch die Kombination der umweltverträglichsten Szenarien erzielt werden. Die kumulierte Anwendung der Szenarien erlaubt:

- Energieeinsparungen von 66 GJ, was rund einem Drittel des Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie pro Person und Jahr in der Schweiz entspricht;
- jährliche Kosteneinsparungen von rund 1800 Franken für den Konsumenten;
- die Vermeidung von 3 Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Person und Jahr sowie
- eine Verringerung der jährlichen Umweltwirkung einer Person um rund ein Drittel. Diese Umweltwirkung wird in UBP gemessen, wobei die Daten für die Szenarien 8 und 9b (vgl. Tabelle 12) nicht berücksichtigt sind.



### Berücksichtigte Szenarien für einen umweltbewussten Konsum:

- 1a: MINERGIE-Haus, Hypothekarzinsatz 2%
- 2a: Absenkung der Raumtemperatur (-2°C)
- 3b: 1540 kWh Elektrizität aus Windkraft
- 4a: Energieeffiziente Haushaltgeräte (Effizienzklasse A oder höher)
- 5: 10'000km mit öffentlichen Verkehrsmitteln
- 6c: Auslandsreise per Bahn statt per Flugzeug (1150km)

### Berücksichtigte Szenarien für einen umweltbewussten Konsum:

- 1a: MINERGIE-Haus, Hypothekarzinsatz 2%
- 2a: Absenkung der Raumtemperatur (-2°C)
- 3b: 1540 kWh Elektrizität aus Windkraft
- 4a: Energieeffiziente Haushaltgeräte (Effizienzklasse A oder höher)
- 5: 10'000km mit öffentlichen Verkehrsmitteln
- 6c: Auslandsreise per Bahn statt per Flugzeug (1150km)
- 8: Verlängerung der Gebrauchsdauer passiver Konsumgüter um 10%
- 9b: Verringerung des Fleischkonsums um 50%

Abbildung 15: Umweltvorteile sowie potenzielle Energie- und Kosteneinsparungen pro Person und Jahr, die durch die Anwendung der hier vorgestellten Szenarien für einen umweltbewussten Konsum in der Schweiz realisiert werden. Die schwarzen Pfeile beziehen sich auf herkömmliche Verbrauchsmuster, die weissen Pfeile dagegen auf die Szenarien für einen umweltbewussten Konsum.

Die in Abbildung 15 dargestellten Szenarien für einen umweltbewussten Konsum können von jedem einzelnen Einwohner der Schweiz oder eines beliebigen anderen Industrielandes angewendet werden. Eine Ausnahme bildet das Szenario «MINERGIE-Haus». Berücksichtigt wurden die Szenarien 1a, 2a, 3, 4a, 5, 6, 8, und 9 gemäss Tabelle 12. Szenario 6a wurde abgeändert und als Szenario 6c integriert (es wurde ausschliesslich eine Reise nach Paris – insgesamt 1150 km – berücksichtigt). Szenario 9 wurde ebenfalls leicht modifiziert (Verringerung des Fleischkonsums um 50 Prozent) und als Szenario 9b in die obige Darstellung eingegliedert. Szenario 3b berücksichtigt Stromeinsparungen dank energieeffizienten Haushaltgeräten.

Die in der vorliegenden Studie vorgestellten Szenarien für einen umweltbewussten Konsum erfüllen in der Regel denselben Zweck wie die herkömmlichen Verbrauchsmuster, die sie ersetzen. Zuweilen sind sie mit gewissen Vor- oder Nachteilen verbunden, zum Beispiel mit einem gewissen Komfortverzicht, wenn eine weite Strecke mit der Bahn anstatt per Flugzeug zurückgelegt wird, oder mit den Vorzügen einer optimierten Schalldämmung, die mit der besseren thermischen Isolation eines MINERGIE-Hauses einhergeht. Ausschlaggebend für die Wahl der einen oder anderen Variante sind letztlich persönliche Präferenzen und Überlegungen.

**Gültigkeit der Ergebnisse  
für andere Länder**

Die hier vorgestellten Szenarien wurden im Hinblick auf den schweizerischen Kontext erarbeitet. So entsprechen die numerischen Werte zwar der Situation in der Schweiz, die Schlussfolgerungen und Tendenzen sind indessen auch für andere Industrieländer gültig. Die wichtigsten Unterschiede beziehen sich auf die Energie: Im Vergleich zum europäischen Strommix beispielsweise ist der Anteil der Wasserkraft im schweizerischen Stromverbrauch höher. Dies bedeutet, dass die Anwendung dieser Szenarien in anderen Industrieländern noch grössere Vorteile erschliessen würde.

## 5 Diskussion und Fazit

Im Rahmen der Studie wurden die wichtigsten Umweltwirkungen der einzelnen Konsumbereiche, die Entscheide, welche diese Wirkungen mehr oder weniger stark beeinflussen («Schlüsselentscheide»), sowie die Akteure, die diese Entscheide treffen («Schlüsselakteure»), identifiziert. Die Verbesserungspotenziale wurden anhand von Umwelt-Entscheidungsmatrices und von Szenarien für einen umweltbewussten Konsum verdeutlicht.

Im Folgenden werden die Ergebnisse nach Konsumbereich zusammengefasst und Forschungsperspektiven aufgezeigt.

### Wohnen

Der Konsumbereich Wohnen verursacht starke Umweltwirkungen, insbesondere was die Ressourcen, das Klima, die menschliche Gesundheit und die Qualität der Ökosysteme angeht. Diese Auswirkungen stehen in Zusammenhang mit der Art und der Menge der für Heizung und Stromerzeugung verbrauchten Energie, den verwendeten Materialien, den Mikroschadstoffen und der Landbeanspruchung. Die meisten Auswirkungen entstehen während der Gebrauchsphase des Wohnobjekts. Getroffen werden die Schlüsselentscheide im Rahmen des täglichen Nutzungsverhaltens (gewählte Raumtemperatur, Warmwasserverbrauch, Lüften), beim Erwerb eines Objekts bzw. beim Abschluss eines Mietvertrags (Wahl der Wohnfläche pro Person und der geografischen Lage), zu einem grossen Anteil jedoch bei der Planung und beim Bau (thermische Gebäudequalität, Art der Baumaterialien, Energiequellen, Heizungssystem). Die Raumplanung ihrerseits ist ein Schlüsselement, das in den Verantwortungsbereich der Behörden fällt, denn die Abwanderung in ländliche Gegenden verursacht Tag für Tag ein zusätzliches Verkehrsaufkommen, das sich schädlich auf die Umwelt auswirkt.

### Mobilität

Die Umweltwirkungen im Mobilitätsbereich sind ebenfalls beträchtlich. Sie betreffen die Ressourcen, das Klima, die menschliche Gesundheit, die Qualität der Ökosysteme, den Lärm sowie Unfälle. Die Wirkungen gehen zurück auf den hohen Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie, den hohen Ausstoss von CO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>, die Feinstaubemissionen und die Fragmentierung der Lebensräume durch Verkehrsinfrastrukturen. Sie treten namentlich während der Gebrauchsphase auf. Der wichtigste Schlüsselentscheid betrifft die Distanzen und die Häufigkeit der zurückgelegten Wege, gefolgt von der Wahl des Fahrzeugtyps oder des Verkehrsmittels sowie dem Besetzungsgrad. Letzterer mag sich als ebenso wichtig erweisen wie der Fahrzeugtyp: Wie die Beispiele zeigen, sind die Wirkungen einer Fahrt im Auto mit vier Insassen nicht viel grösser, als wenn vier Personen dieselbe Reise mit der Bahn machen (vgl. Abb. 7 und Abb. 8).

### Konsumgüter und Dienstleistungen

Die Umweltwirkungen der Konsumgüter und Dienstleistungen betreffen die Ressourcen, das Klima und die menschliche Gesundheit. Sie entstehen in erster Linie während der Herstellungsphase. Auch die Entsorgung wirkt sich in bedeutendem Masse auf die Umwelt aus. Diese Umweltwirkungen sind auf den Energieverbrauch bei der Herstellung (graue Energie), die Verwendung seltener Rohstoffe und den Schadstoffausstoss in die Umwelt zurückzuführen. Aktive und mobile Produkte entfalten ihre grösste Wirkung während der Gebrauchsphase, denn diese ist gekennzeichnet durch einen hohen Verbrauch von nicht erneuerbarer Primärenergie. Diese Art von Produkten

bietet ein interessantes Optimierungspotenzial, denn ein verminderter Energieverbrauch während der Gebrauchsphase schlägt sich in den meisten Fällen in greifbaren, globalen Umweltvorteilen sowie in spürbar geringeren Kosten nieder.

Da die Umweltwirkung pro produzierte Einheit mehr oder weniger konstant ist, sind die Entscheide der Konsumentinnen und Konsumenten in Bezug auf die Menge der gekauften Produkte und Dienstleistungen ein Schlüsselfaktor. Bei den passiven Produkten sind die Berücksichtigung von Labels beim Erwerb und die Verlängerung der Gebrauchsdauer ausschlaggebend. Daneben sind bei den aktiven und mobilen Produkten auch Entscheide bezüglich Energieeffizienz, Gewicht und Volumen wichtig. Ein hohes Verbesserungspotenzial liegt aber auch in der Produktions- und in der Entsorgungsphase und setzt demnach das Engagement der Hersteller voraus. Schlüsselfaktoren auf dieser Ebene sind die Energiequellen für die Herstellung, die Menge und die Art der verwendeten Rohstoffe, die Produktqualität (Lebensdauer) und ein recyclingfreundliches Produktkonzept.

Ernährung

Im Zusammenhang mit der Nahrungsmittelproduktion wird durch den hohen Wasserverbrauch, die Landbeanspruchung, die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und die Eutrophierung der Gewässer insbesondere die Qualität der Ökosysteme beeinträchtigt. Diese Umweltwirkungen entstehen hauptsächlich während der Produktionsphase, und zu diesem Zeitpunkt fallen denn auch die Schlüsselentscheide bezüglich Anbaumethoden und Flächennutzung. Die wichtigste Entscheidung, welche Konsumentinnen und Konsumenten treffen können, bezieht sich auf die Art der Ernährung, indem sie an Stelle von Fleisch häufiger pflanzliche Erzeugnisse (Hülsenfrüchte wie z. B. Soja, Getreideprodukte usw.) und Milchprodukte konsumieren. Sie können aber auch das Lebensmittelangebot durch ihr Kaufverhalten beeinflussen: durch saisongerechtes Einkaufen (erübrigt beheizte Gewächshäuser), die Berücksichtigung der Transportmittel (Lufttransporte vermeiden) und der Anbaumethoden (Labels beachten) sowie der Verpackungsart (möglichst leichte Verpackungen wählen).

Öffentliche Dienste und Versicherungen

Da die einzelnen Konsumentinnen und Konsumenten kaum direkten Einfluss auf die öffentlichen Dienste nehmen können, wird dieser Bereich hier nicht vertieft behandelt. Die Umweltwirkung wird deshalb lediglich auf die Gesamtbevölkerungszahl umgerechnet. Optimierungsszenarien lassen sich aus den Abschätzungen der Wirkungen der anderen Bereiche ableiten.

Schlüsselakteure

Konsumentinnen und Konsumenten sowie der Staat sind Schlüsselakteure in Bezug auf die Ökobilanz der vier eingehend untersuchten Konsumbereiche. Der Handlungsspielraum der Konsumenten ist gross, hauptsächlich in den Bereichen Wohnen und private Mobilität. Bei den Konsumgütern und Dienstleistungen und bei der Ernährung ist er ebenfalls beträchtlich. Eine entscheidende Rolle fällt in diesen beiden Bereichen dem Industrie- und dem Agrarsektor zu: Durch die Vermarktung von Produkten, die über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg Umweltvorteile aufweisen, können die Betriebe und Unternehmen nicht nur die Ökoeffizienz von Konsumgütern verbessern, sondern auch die Innovation im Hinblick auf die Entwicklung und Vermarktung umweltverträglicherer Produkte fördern.

Schlüsselentscheide aus der Sicht der Konsumierenden	<p>Ein Grossteil der Entscheidungen mit starkem Einfluss auf die Umweltwirkungen wird in erster Linie durch die Konsumentinnen und Konsumenten getroffen. Die bedeutendsten Verbesserungspotenziale in Bezug auf die Umweltbilanz des einzelnen Konsumenten liegen in der Gebrauchs- bzw. Nutzungsphase der Bereiche Wohnen und private Mobilität und in der Erwerbsphase der Bereiche Wohnen, Konsumgüter und Dienstleistungen sowie im Ernährungsbereich. Die Schlüsselentscheide der Konsumentinnen und Konsumenten betreffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die thermische Qualität eines Gebäudes, die Wohnfläche pro Person, die Wahl der Baumaterialien und die Gebäudehüllfläche;</li> <li>• die Energiequellen für Heizung und Stromerzeugung, das Heizsystem, der Warmwasserverbrauch, die gewählte Raumtemperatur (sowohl für die Mieter wie für die Besitzer des Wohnobjekts) sowie die Häufigkeit und Dauer des Lüftens;</li> <li>• die Distanzen, die gewählten Verkehrsmittel und der Besetzungsgrad des benutzten Fahrzeugs;</li> <li>• die Menge und die Qualität der erworbenen Konsumgüter und Dienstleistungen, die Berücksichtigung von Labels und die Energieeffizienz der Geräte;</li> <li>• die Gebrauchsdauer von passiven Produkten;</li> <li>• die Art der Ernährung (pflanzlich oder tierisch), namentlich die konsumierte Menge an Fleisch, die Wahl saisongerechter Erzeugnisse (Verzicht auf Produkte aus beheizten Gewächshäusern), die Herkunft (kein Lufttransport), die Anbaumethode und die Verpackung der gekauften Lebensmittel;</li> <li>• die Art der Entsorgung von Konsumgütern und Lebensmitteln. Diese Entscheide sind jedoch auch von den vom Staat zur Verfügung gestellten Infrastrukturen abhängig.</li> </ul>
Schlüsselentscheide aus der Sicht der öffentlichen Betriebe und der Unternehmen	<p>Folgende Entscheide üben ebenfalls einen starken Einfluss auf die Umweltbilanz aus; allerdings sind sie nicht nur von den Konsumentinnen und Konsumenten, sondern auch vom Staat und von Privatunternehmen abhängig. Dazu zählen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Wahl des Gebäudetyps und des thermischen Qualitätsstandards eines Gebäudes sowie die Bewirtschaftung der Baustellenabfälle. Ebenfalls in diese Entscheide involviert sind Architektinnen und Architekten, Bauherren sowie der Staat.</li> <li>• die staatlichen Entscheide bezüglich Raumplanung und Verkehrsinfrastrukturen;</li> <li>• die Wahl der Unternehmen und der Regierungsorganisationen bezüglich der genutzten Transportmittel und der gekauften Fahrzeugtypen;</li> <li>• die von den Produzenten von Konsumgütern getroffene Wahl in Bezug auf die Menge und Art der Energie und der zu verwendenden Rohstoffe und auf die Qualität ihrer Produkte (Lebensdauer);</li> <li>• die Energieeffizienz der entwickelten, verkauften und gekauften Produkte. Hier sind auch die Hersteller und die Konsumentinnen und Konsumenten involviert.</li> <li>• die Wahl der Lebensmittelproduzenten hinsichtlich der Anbaumethoden;</li> <li>• Der Staat kann über die Gesetzgebung und Reglementierungen sowie über finanzielle Anreize usw. einen entscheidenden Einfluss auf die Umweltwirkungen des Konsums ausüben.</li> </ul>
Potenzielle Vorteile	<p>Die potenziellen Vorteile wurden anhand verschiedener Szenarien für einen umweltbewussten Konsum eruiert. Durch die Anwendung eines Teils der vorgeschlagenen Konsumszenarien (Auswahl von acht Szenarien, vgl. Kapitel 4.2) lassen sich sowohl</p>



die Umweltbilanz wie der Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie pro Person und Jahr ohne wesentliche Einbussen beim gewohnten Lebensstil (Komfort und Konsum) um rund ein Drittel verbessern. Kommen alle acht Szenarien zur Anwendung, beträgt der finanzielle Gewinn rund 1800 CHF pro Person und Jahr. Diese finanziellen Einsparungen könnten in kostenintensivere umweltschonende Szenarien einfließen, welche die Gesamtbilanz in bedeutendem Masse verbessern würden.

#### Kombinierte Aktionen

Im Verlauf der Studie hat sich gezeigt, dass die Ausgaben nicht direkt proportional zum Energieverbrauch und zu den Umweltwirkungen stehen. Aus den finanziellen Ausgaben lassen sich keine Umweltwirkungen ableiten. Somit sind sie grundsätzlich kein entscheidendes Element für eine Änderung hin zu einem umweltverträglicheren Konsumverhalten auf Verbraucherseite. Aus öffentlich-politischer Sicht ist die Förderung kombinierter Aktionen interessant. Dabei werden die Konsumentinnen und Konsumenten unterstützt, einerseits ihre Umweltwirkungen und ihre Kosten zu reduzieren und andererseits die erzielten finanziellen Einsparungen in weitere umweltverträgliche Aktivitäten zu investieren. Das MINERGIE-Label und in besonderem Masse das Label MINERGIE-P sind gelungene Beispiele für umweltbewusste Reinvestitionen. Die von diesen Labels vorgegebenen Bedingungen fordern, dass das durch eine bessere Gebäudedämmung eingesparte Geld in andere Massnahmen (z. B. thermische Sonnenkollektoren zur Warmwasseraufbereitung) investiert wird, die zu weiteren Einsparungen beim Energieverbrauch führen und damit die Einhaltung der Bedingungen des MINERGIE-Labels ermöglichen. Dies vermeidet Boomerangwirkungen<sup>33</sup> wie etwa die Finanzierung eines Fluges mit dem Geld, das zuvor dank umweltbewusstem Verhalten eingespart wurde.

#### Ausblick

Mit der vorliegenden Studie wurde versucht, anhand der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Produkten und Dienstleistungen aktuelle Kenntnisse über umweltbewussten Konsum zu sammeln und zu ergänzen und diese einem interessierten nichtfachlichen Publikum zugänglich zu machen. In den Bereichen Wohnen und private Mobilität decken die Kenntnisse die Mehrheit der Produkte und Dienstleistungen ab und sind fundierter als in den Bereichen Konsumgüter und Dienstleistungen sowie Ernährung (die eine breitere Palette von Produkten mit kürzeren Lebenszyklen und entsprechend schnellerer Entwicklung umfassen).

In einem nächsten Schritt wäre ein Überblick über die Untersuchungen des Verhaltens sowie der Verhaltensänderungen von Verbraucherinnen und Verbrauchern denkbar, um eine Antwort zu finden auf die Frage: «Wie lassen sich Konsumentinnen und Konsumenten für umweltverträgliche Szenarien gewinnen?» Entsprechende Kommunikationskampagnen sollten sich auf eine Analyse der Zielgruppe sowie der wichtigsten Faktoren und Anreize im Veränderungsprozess der Konsumgewohnheiten und der Akzeptanz neuer Technologien stützen.

Die Autoren hoffen, dass Konsumentinnen und Konsumenten sowie Behörden, Nicht-regierungsorganisationen und Unternehmensführer anhand der Ergebnisse dieser Studie in der Lage sein werden, Handlungsprioritäten für ein umweltverträglicheres Konsumverhalten festzulegen.

---

<sup>33</sup> In der englischsprachigen Literatur wird die Boomerangwirkung als «rebound effect» bezeichnet.

## 6 Dank

Die Autoren danken sämtlichen Mitgliedern der Begleitgruppe für ihre wertvollen Kommentare und Hinweise und insbesondere jenen Personen, die die vorliegende Studie kritisch beurteilt haben: Amélie Ardiot<sup>34</sup>, Isabelle Blanc Sommereux<sup>35</sup>, Norbert Egli<sup>36</sup>, Hans-Peter Fahrni<sup>37</sup>, Mathias Tellenbach<sup>38</sup> und Anna Wälty<sup>39</sup>. Ihr Dank gilt ebenfalls allen Personen und Organisationen, die im Laufe dieses Projekts kontaktiert wurden und die mit Daten und Auskünften behilflich waren, so etwa das Bundesamt für Statistik, Pascal Cretton<sup>40</sup> und Marc Tillmanns<sup>41</sup>. Ein spezielles Dankeschön geht an Amélie Ardiot<sup>34</sup>, Damien Friot<sup>42</sup> und Sophie Hilkersberger<sup>43</sup>, die mit ihrem Lektorat einen bedeutenden Beitrag zu diesem Bericht geleistet haben. Vielen Dank an Jacqueline Dougoud<sup>44</sup> und Rolf Geiser<sup>45</sup> für die Übersetzung dieses Berichtes aus dem Französischen und Patrick Hofstetter<sup>46</sup> für die wertvollen Hinweise.

---

<sup>34</sup> Abteilung Abfall und Rohstoffe, BAFU.

<sup>35</sup> Mitarbeiterin der Gruppe Life Cycle Systems, EPFL.

<sup>36</sup> Abteilung Abfall und Rohstoffe, BAFU.

<sup>37</sup> Abteilung Abfall und Rohstoffe, BAFU.

<sup>38</sup> Abteilung Abfall und Rohstoffe, BAFU.

<sup>39</sup> Abteilung Abfall und Rohstoffe, BAFU.

<sup>40</sup> Sebasol VD.

<sup>41</sup> Leiter der Westschweizer Agentur MINERGIE.

<sup>42</sup> Mitarbeiter der Gruppe Life Cycle Systems, EPFL.

<sup>43</sup> Dipl. Soziologin, Universität Lausanne.

<sup>44</sup> Übersetzungen, Lektorat, Korrektorat, Zürich

<sup>45</sup> Dipl. Übersetzer, Neuenburg

<sup>46</sup> Büro für Analyse & Ökologie und WWF Schweiz

# Anhänge

## A1 Verwendete Methoden der Wirkungsabschätzung

Die Beschreibungen der einzelnen Methoden der Wirkungsabschätzung sind weitgehend JOLLIET ET AL. [2005] entnommen.

### IMPACT 2002+

IMPACT 2002+ ist eine Methode der Wirkungsabschätzung, die gleichzeitig eine Evaluation auf der Ebene von Wirkungskategorien und auf der Ebene aggregierter Schadenskategorien erlaubt.

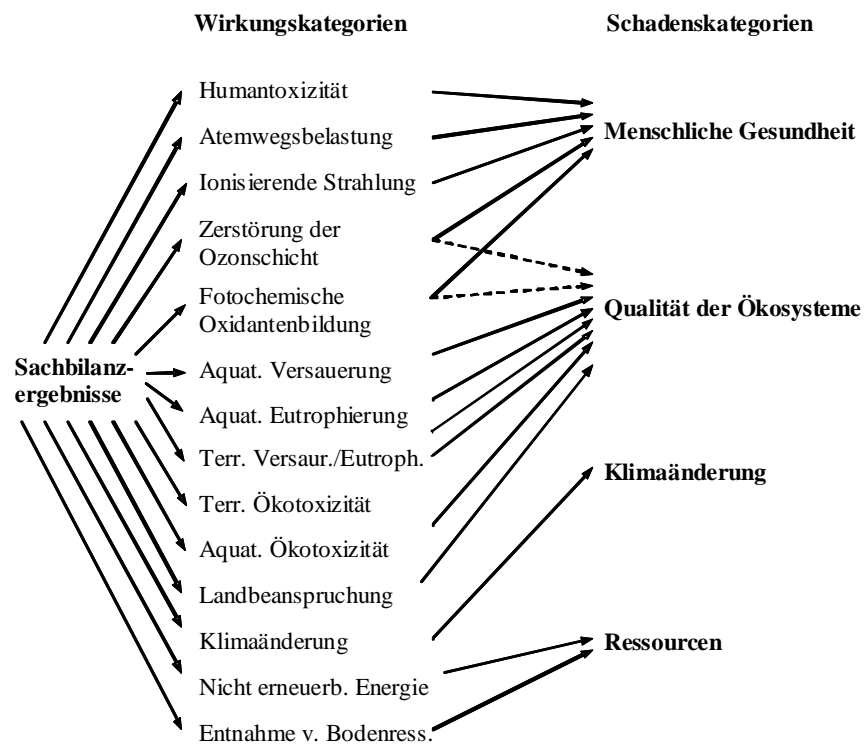


Abbildung 16: Schematische Darstellung von IMPACT 2002+. Die Methode erlaubt eine Zuordnung der Sachbilanzdaten des Lebenszyklus zu Wirkungs- und Schadenskategorien (nach JOLLIET ET AL. [2003]).

#### Wirkungskategorien

In einem ersten Schritt werden die Ergebnisse der Sachbilanzen (quantitative Beschreibung der Material-, Energie- und Schadstoffflüsse im System) zu 14 Wirkungskategorien zusammengefasst (vgl. Abb. 16). Diese werden anschliessend vier Schadenskategorien zugeordnet, die die Veränderungen der Umweltqualität beschreiben. Eine signifikante bekannte oder vermutete Kausalbeziehung zwischen zwei Elementen wird durch einen Pfeil dargestellt. Ungewisse Beziehungen zwischen Wirkungs- und Schadenskategorien sind durch gestrichelte Linien gekennzeichnet. IMPACT 2002+

berücksichtigt die gesamten Auswirkungen einer Emission oder einer Ressourcenentnahme über einen langen Zeitraum (z. B. 500 Jahre). Die Modellierung der Auswirkungen toxischer Substanzen auf Mensch und Ökosystem beruht auf IMPACT 2002, einem in Westeuropa von PENNINGTON ET AL. [2005] entwickelten Multi-Milieu- und Multichannel-Expositionsmodell, welches zugleich eine räumliche Differenzierung zwischen 50 europäischen Zonen erlaubt. In Bezug auf die übrigen Kategorien übernimmt IMPACT 2002+ Elemente der Methode Ecoindicator 99 und des niederländischen Ökobilanz-Leitfadens [GUINÉE, 2001].

<b>Schadenskategorien</b>	IMPACT 2002+ ordnet die Wirkungen vier Schadenskategorien zu: menschliche Gesundheit, Qualität der Ökosysteme, Klimaänderung und Ressourcen (vgl. Abb. 16).
Menschliche Gesundheit	Ionisierende Strahlung, Zerstörung der Ozonschicht, Atemwegsbelastung und fotochemische Oxidantenbildung schädigen die menschliche Gesundheit. In Bezug auf die Schäden wird anhand von Charakterisierungsfaktoren die Menge einer Substanz in Kilogramm in die äquivalente Zahl verlorener Lebensjahre umgerechnet (DALY, disability adjusted life years), die als Einheit für die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit dient.
Qualität der Ökosysteme	<p>Wirkungskategorien wie aquatische Ökotoxizität, terrestrische Ökotoxizität, terrestrische Versauerung und Eutrophierung, aquatische Versauerung, aquatische Eutrophierung und Landbeanspruchung tragen zum Qualitätsverlust der Ökosysteme bei. Der potenzielle Qualitätsverlust auf Grund der fotochemischen Oxidantenbildung und der Zerstörung der Ozonschicht lässt sich mangels adäquater wissenschaftlicher Daten gegenwärtig nicht beziffern.</p> <p>Die Wirkungen auf die Ökosysteme werden in <math>\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Jahr}</math> ausgedrückt, d. h. in Anzahl verschwundene Arten pro Quadratmeter und Jahr (PDF: potentially disappeared fraction of species).</p>
Klimaänderung	Die heute verfügbaren Modelle zur Darstellung der Auswirkungen der Klimaänderung auf die Qualität der Ökosysteme und die menschliche Gesundheit sind noch nicht ausreichend präzise, um verlässliche Charakterisierungsfaktoren zu ermitteln. Aus diesem Grund erfolgt die Beurteilung direkt auf einer Zwischenebene, d. h. auf der Ebene der Emissionen, die zum Treibhauseffekt beitragen. Der Treibhauseffekt kann interpretiert werden als Beeinträchtigung des klimatischen Gleichgewichts, das als dem biologischen Leben zu Grunde liegendes System geschützt werden sollte. Klimaänderung gilt daher als eigenständige Schadenskategorie und wird in Kilogramm $\text{CO}_2$ -Äquivalenten beziffert.
Ressourcen	Die Entnahme von Bodenressourcen und der Verbrauch nicht erneuerbarer Primärenergie tragen als Wirkungskategorien zur Schädigung der Ressourcen bei. Im Gegensatz zur nicht erneuerbaren Energie, die verloren geht, werden Bodenressourcen in die Umwelt abgegeben und in Wirtschaftskreisläufen genutzt. Ihre Aggregation mit den Energieressourcen erfolgt anhand der zusätzlichen Energie, die in der Zukunft für die Entnahme von Erz mit immer geringerem Mineralgehalt benötigt wird. Diese Energie wird mit MJ pro entnommene Einheit beziffert.

## Methode der ökologischen Knappheit (Ökofaktoren 1997)

Die Methode der ökologischen Knappheit (franz. *écofacteurs*, engl. *ecoscarcity*) erlaubt eine vergleichende Gewichtung verschiedener Umweltwirkungen anhand von Zielwerten, die von Emissionspolitiken vorgegeben werden. Sie berücksichtigt die Emissionen verschiedener Stoffe in die Luft, die Oberflächengewässer, die Böden und die Grundwasservorkommen sowie den Verbrauch von Energieressourcen. Die ursprüngliche Methodik [HABERSATTER UND WIDMER, 1991; BRAUNSCHWEIG UND MÜLLER-WENK, 1993] wurde vervollständigt und aktualisiert und führte zur Erarbeitung der Ökofaktoren 1997 [BRAUNSCHWEIG ET AL. 1998]. Die Berechnung dieser Faktoren erfolgt anhand der realen in die Umwelt eingetragenen Fracht (z. B. der Ausstoss einer bestimmten Substanz), der aktuellen Fracht (z. B. die gesamten Emissionen dieser Substanz in der Schweiz während eines Jahres) und der kritischen Fracht (z. B. die Flüsse dieser Substanz, die im Rahmen der schweizerischen Umweltpolitik als kritisch gelten). Bei der aktuellen Fracht handelt es sich um Schätzungen auf der Grundlage der neuesten nationalen Emissionsdaten, die 1997 verfügbar waren. Die kritische Emissionsfracht dagegen leitet sich aus den Zielwerten der schweizerischen Umweltpolitik ab, die sich ihrerseits auf wissenschaftliche Grundlagen abstützen.

Die Ökofaktoren werden in Umweltbelastungspunkten (UBP) beziffert, wobei  $10^{12}$  UBP der kritischen Fracht eines Schadstoffes während eines Jahres entsprechen.

Der Algorithmus normalisiert in einem ersten Schritt am kritischen Fluss und gewichtet am Verhältnis von aktuellem zu kritischem Fluss. Je geringer die kritische Fracht, desto höher der Ökofaktor. Das Verhältnis zwischen aktuellem und kritischem Fluss verleiht jenen Schadstoffen, deren gegenwärtiger Ausstoss über der gesamten zulässigen Fracht liegt, ein höheres Gewicht. Die kritischen Frachten in die Luft und ins Wasser sind der Strategie zur Bekämpfung der Luftverschmutzung bzw. der Verordnung über Abwassereinleitungen entnommen.

Die Methode der ökologischen Knappheit bietet den Vorteil, dass sie zu einem einzigen Endresultat führt und in sich kohärent ist, da sie die Emissionen den kritischen Frachten gegenüberstellt. Sie lässt sich gut mit intermediären Methoden kombinieren. Zu erwähnen ist, dass für zahlreiche Substanzen die kritischen Frachten schwer bestimmbar sind und die Zielwerte nicht nur anhand der Schadenspotenziale, sondern auch unter Berücksichtigung der erreichbaren Verbesserungen festgelegt werden.

Tabelle 13: Anteil der Umweltwirkungen in verschiedenen Umweltbereichen an der Gesamtbelastung der Schweiz in Umweltbelastungspunkten [BRAUNSCHWEIG, 1998].

Umweltbereich	Anteil 1997	UBP 1997
Luft	61 %	41,5 E + 12
Wasser	14 %	9,5 E + 12
Boden	23 %	15,6 E + 12
Ressourcen (Primärenergie)	2 %	1,4 E + 12
Total	100 %	68,0 E + 12

## A2 Schweizerischer Stromverbrauchsmix

Tabelle 14: Schweizerischer Stromverbrauchsmix einschliesslich Importe und Exporte von Elektrizität (nach Berechnungen von EGLI [2004] basierend auf ECOINVENT [Bericht Nr. 6 – Teil XVI, 2004]).

<b>Schweizerischer Stromverbrauchsmix</b>	<b>Anteil</b>
Kernenergie	45 %
Wasserkraft	42 %
Fossile Energie	11 %
Kehrichtverbrennung	1,7 %
Solarenergie (Schweizer Produktion)	0,01 %
Holz (Schweizer Produktion)	0,01 %
Andere erneuerbare Energien (Importe)	0,33 %

### A3 Umweltdaten

#### ecoinvent

Das Projekt Ecoinvent 2000 zielt darauf ab, die für Ökobilanzierungen massgebenden Inventardatenbanken zusammenzuführen und zu überarbeiten. Es soll auf diese Weise eine harmonisierte, generische und qualitativ hoch stehende Datenbank für Ökobilanzen bereitstellen, deren Inhalte sowohl für schweizerische als auch für westeuropäische Verhältnisse gültig sind. Verschiedene Institutionen sind am Projekt beteiligt<sup>47</sup>. Die ecoinvent-Datenbank als Hauptprodukt von Ecoinvent 2000 ist die wichtigste Quelle von Umweltdaten für Ökobilanzierungen. In ihr sind mehrere Tausend Prozesse und für jeden einzelnen Prozess über 400 Stoffe und Ressourcen verzeichnet. Die Datensätze der Version 1.2 widerspiegeln weitgehend die Produktions- und Versorgungssituation des Jahres 2000. Neben den quantitativen Angaben sind auch beschreibende Informationen über den technologischen, geografischen und zeitlichen Geltungsbereich der Daten enthalten.

Der Datenbestand deckt die folgenden Bereiche ab:

- Energieversorgung
- Transportsysteme
- Baustoffe und -prozesse
- Chemikalien
- Waschmittel
- Papiere und Karton
- Entsorgungssysteme
- Landwirtschaftliche Produktion und Produktionsmittel

Darüber hinaus enthält ecoinvent Daten über die Beurteilung von Umweltwirkungen, d. h. eine wissenschaftliche Aggregation von Emissionen und Ressourcenverbrauch zu Wirkungs- oder Schadenskategorien (z. B. Treibhauseffekt, Versauerung, Fotosmog, Wirkungen auf die menschliche Gesundheit und Qualität der Ökosysteme). Zur Weiterentwicklung der Datenbank ist die Integration weiterer Produkte und Dienstleistungen vorgesehen. Dank dem breiten Spektrum an Produktions- und Konsumprozessen, die durch Ecoinvent abgedeckt sind, konnte die Datenbank für zahlreiche Berechnungen im Rahmen dieser Untersuchung herangezogen werden.

#### Nationale Inventare

Weitere Quellen für Umweltdaten sind die nationalen und regionalen Statistiken, z. B. Inventare der Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen sowie die Schweizerische Gesamtenergiestatistik [BFE, 2004]. Zu erwähnen ist ferner das

---

<sup>47</sup> Folgende Institutionen sind im Ecoinvent-Zentrum (Swiss Centre for Life Cycle Inventories) zusammengeschlossen: die ETHZ, die EPFL, das PSI (Paul Scherrer Institut), die EMPA (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt), die Eawag (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz) und die FAL (Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau Agroscope). Gemeinsam sorgen diese Institutionen für die Harmonisierung und die Aktualisierung der Inventardaten.

CORINAIR-Inventar<sup>48</sup>, das einen Vergleich der Luftschadstoffemissionen zahlreicher europäischer Länder erlaubt. Die markanten Differenzen zwischen den einzelnen Ländern sind sowohl auf die unterschiedlichen Wirtschaftsstrukturen und auf technologische Aspekte als auch auf Unsicherheiten in Bezug auf die Datenerhebung zurückzuführen.

**Ökobilanzen und andere Ressourcen**

Untersuchungen des Typs Ökobilanz sowie Studien über den Energieverbrauch der Haushalte in der Schweiz [NICOLLIER, 2000; ECOSPEED SA, 2004] können die Beurteilung ergänzen, sofern die Datenqualität geprüft wurde.

Zahlreiche Informationen sind auf dem Internet verfügbar, so dass sich jedermann zu Fragen des umweltverträglichen Konsums dokumentieren kann. Für die vorliegende Studie wurden unter anderem die von der TOPTEST GMBH [2004/2005] verfügbar gemachte Datenbank<sup>49</sup> sowie das Tool ECO<sub>2</sub> zur Erstellung privater oder regionaler Energiebilanzen [ECOSPEED SA, 2004] genutzt. Die Datenbank von TOPTEST GMBH will Konsumentinnen und Konsumenten die Suche nach Produkten und Dienstleistungen für Büro und Haushalt erleichtern, die sich durch wenig Energieverbrauch, geringe Umweltbelastung, gute Gebrauchsfähigkeit und Qualität sowie einen vernünftigen Preis auszeichnen.

**Statistiken über den Verbrauch in der Schweiz**

Daten über den Durchschnittsverbrauch in der Schweiz werden jedes Jahr im Rahmen der Einkommens- und Verbrauchserhebung<sup>50</sup> gesammelt [BFS, 2004]. Der dem Konsum gewidmete Teil der Erhebung ist auch als «Warenkorb» bekannt. Dieser reflektiert die durchschnittlichen Ausgaben eines Haushalts für mehr als 400 Produkte und Dienstleistungen und ist nach der international anerkannten COICOP-Nomenklatur (Classification of Individual Consumption by Purpose; Klassifikation der Verwendungszwecke des Individualverbrauchs) strukturiert. Diese Daten dienen als Grundlage für die Berechnung der Kosten und Ausgaben.

**Erweiterte Input-Output-Analyse**

Die erweiterte Input-Output-Analyse stützt sich auf die Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung und berücksichtigt die monetären Flüsse für 37 Sektoren der Schweizer Wirtschaft. Die neuesten verfügbaren Tabellen für die Schweiz beruhen auf den Daten von 1990 und wurden 1994 überarbeitet [ANTILLE, 1997]. Diese ökonomischen Daten werden mit produktionssektorspezifischen Umweltdaten aus ganz Europa kombiniert (für weiterführende Angaben zur Methode vgl. CORBIÈRE-NICOLLIER [2005, Kapitel 4] und HERTWICH [2005]).

---

<sup>48</sup> Die Datenbestände des CORINAIR-Inventars sind verfügbar unter <http://www.aeat.co.uk/netcen/corinair/94/> (konsultiert im März 2004).

<sup>49</sup> <http://www.topten.ch>

<sup>50</sup> Das Bundesamt für Statistik (BFS) führt jedes Jahr eine so genannte Einkommens- und Verbrauchserhebung (EVE) durch. 2002 wurden im Rahmen der Erhebung rund 9300 zufällig ausgewählte Privathaushalte in der Schweiz befragt. Dank ihres Umfangs und ihrer sorgfältigen Stratifizierung bietet die Stichprobe ein wahrheitsgetreues Abbild der verschiedenen Bevölkerungsgruppen und Regionen der Schweiz. Die Repräsentativität der Angaben über Einkommen und Verbrauch ist damit gewährleistet.



## A4 Ergebnisse von Studien zu Umwelteinwirkungen des Konsums

### Zusammenfassung

Tabelle 15: Ergebnisse verschiedener Studien zu Umwelteinwirkungen des Konsums: typische Werte für verschiedene Kategorien von Umweltwirkungen und für Emissionen bestimmter gesundheitsschädigender Schadstoffe.

Wirkungskategorie	Einheit	Europa		Schweiz		
		EPFL	BIO Intelligenz, 2003	EPFL	Ecospeed SA, 2004 8)	BFS, 2003 5)
	pro Person pro Jahr					
Ausgaben der Haushalte (inkl. Steuern)	CHF					39'000 5)
nicht erneuerbare Primärenergie	GJ	152 3)	161	209 2)	199	137 1)
Treibhauseffekt	t CO <sub>2</sub> -Äq./Pers. a	9,9 3)	8,9	11,8		7,1 1)
Kohlendioxid	t CO <sub>2</sub> /Pers. a			10,3	10,1	6,1 1)
Verh. CO <sub>2</sub> -Äq. / nicht erneuerb. Primärenergie	kg CO <sub>2</sub> -Äq./GJ	65	55	56		52
Verh. CO <sub>2</sub> / nicht erneuerb. Primärenergie	kg CO <sub>2</sub> /GJ			49	51	45
NO <sub>x</sub>	kg	34 6)		19 6)		
Feinstaub	kg	14 6) 7)		3 6)		
SO <sub>2</sub>	kg	32 6)		5 6)		
CO	kg	124 6)		71 6)		
Pb	kg	0,034 6)		0,031 6)		
Versauerung (Luft)	kg SO <sub>2</sub> -Äq.		47			
Versauerung (aquatisch)	kg SO <sub>2</sub> -Äq.	66 3)				
Versauerung (terrestrisch)	kg SO <sub>2</sub> -Äq.	358 3)				
Eutrophierung	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -Äq.	12 3)	7			
Fotosmog	kg Äthylen-Äq.		15			
menschliche Gesundheit (gesamt)	verlor. Lebensstage 4)	2,5 3)	1,1			
menschl. Gesundheit (Wirkung von NO <sub>x</sub> )	verlor. Lebensstage 4)	6,5 6)		3,6 6)		
menschl. Gesundheit (Wirkung von Feinstaub)	verlor. Lebensstage 4)	3,3 6)		0,8 6)		
menschl. Gesundheit (Wirkung von SO <sub>2</sub> )	verlor. Lebensstage 4)	3,2 6)		0,5 6)		
menschl. Gesundheit (Wirkung von CO)	verlor. Lebensstage 4)	0,004 6)		0,008 6)		
menschl. Gesundheit (nur Wirkung von Pb)	verlor. Lebensstage 4)	0,2 6)		0,2 6)		

<sup>1)</sup> nationale Inventare, inländischer Bruttoverbrauch von nicht erneuerbarer Energie [BFE, 2004] und Emissionen von Treibhausgasen [BAFU, 2005]

<sup>2)</sup> [NICOLLIER, 2000]

<sup>3)</sup> [JOLLIET, 2004]

<sup>4)</sup> Ein verlorener Lebensstage entspricht 1/365 DALY (Disability Adjusted Life Years: behinderungs- bzw. krankheitsgewichtete Lebensjahre)

<sup>5)</sup> [BFS, 2003]

<sup>6)</sup> [CRETZAZ, 2001, S. 142]

<sup>7)</sup> Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 2,5 µm: 8,8 kg Äq./Pers. a [Jolliet, 2004]

<sup>8)</sup> [ECOSPEED SA, 2004]

## «Energiesklaven»

Das Konzept des «Energiesklaven» wurde von NICOLLIER [2000] im Rahmen einer Untersuchung über den Verbrauch nicht erneuerbarer Primärenergie in fünf Konsumbereichen verwendet. Diese anschauliche Masseinheit für den Energieverbrauch geht auf DÜRR [1999] zurück. Ein Energiesklave arbeitet täglich ununterbrochen während 12 Stunden, um Energie zu produzieren. Unermüdlich erbringt er dabei eine kontinuierliche Leistung von 100 W, dies entspricht 875 kWh oder 3150 MJ pro Jahr.

Ausgangspunkt ist der durchschnittliche Primärenergieverbrauch eines Einwohners in der Schweiz. Im Anschluss an eine Analyse der Lebensgewohnheiten wurden die Bedürfnisse in verschiedene Bereiche des Alltags (Ernährung, Wohnen, Mobilität, Konsumgüter und Dienstleistungen, öffentliche Dienste) eingeteilt. Zur Gewährleistung der Kohärenz wurden diese Werte anschliessend mit Angaben anderer Quellen verglichen. Wo immer möglich wurden die energierelevanten Daten durch ökonomische Daten ergänzt, und um die Analyse breiter abzustützen, wurden für die Bereiche Wohnen und Mobilität die Faktoren für Stickoxidemissionen ermittelt. Schliesslich wurden Tests anhand verschiedener Szenarien durchgeführt, die unterschiedlichen Konsumgewohnheiten entsprechen.

Der Vergleich dieses neuen Instruments mit anderen Methoden war befriedigend: Unabhängig vom verwendeten Modell (vgl. Abb. 17) stellte sich heraus, dass ungefähr 30 Prozent des Energieverbrauchs eines Einwohners der Schweiz oder beispielsweise der Stadt Lausanne auf den Bereich Wohnen entfallen. Ein vergleichbarer Anteil ist auf Konsumgüter und Dienstleistungen zurückzuführen. Dahinter folgen die Bereiche Ernährung, Mobilität und öffentliche Dienste.

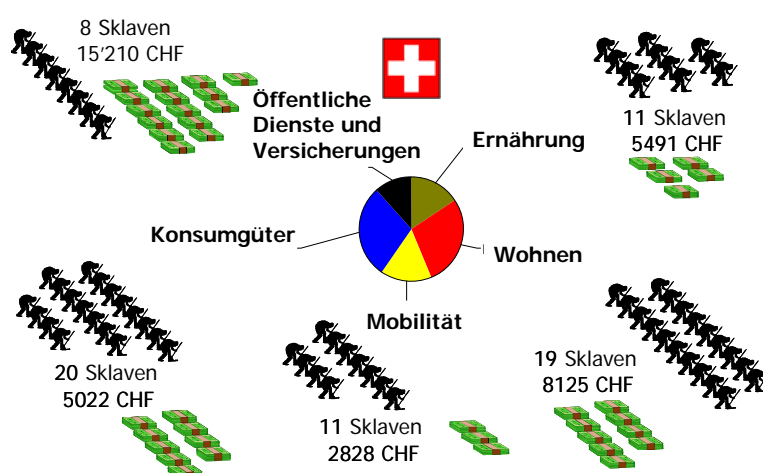


Abbildung 17: Aufschlüsselung des Primärenergieverbrauchs und der Ausgaben in der Schweiz nach Konsumbereich (Schema aktualisiert und übernommen von NICOLLIER [2000]).

Der Vergleich mit anderen Ländern (vgl. Abb. 18) zeigt, dass ein US-amerikanischer Konsument deutlich mehr Energie verbraucht als ein europäischer, dessen Verbrauch wiederum weit über demjenigen eines Konsumenten in China oder Bangladesch liegt.



Abbildung 18: Vergleich des Primärenergieverbrauchs pro Kopf in verschiedenen Ländern  
[NICOLLIER, 2000].

Die Untersuchung macht deutlich, dass der Treibstoffverbrauch und die zurückgelegten Distanzen die Energiebilanz massgeblich beeinflussen, dass sich eine gute Isolierung von Wohnhäusern auszahlt, dass eine vegetarische Ernährungsweise den Energieverbrauch verringert, dass der Tausch eines Autos gegen einen Elektroroller sinnvoll ist und dass auch die Verwendung verbrauchsarmer Elektrogeräte in einem gewissen Umfang zur Senkung des Energieverbrauchs beiträgt.

Eine Kombination von Indikatoren führt zu weniger deutlichen Ergebnissen. Berücksichtigt man auch die Stickoxide, wird die Rechnung komplexer: Werden beispielsweise fünf Prozent der für das Heizen benötigten Energieträger durch Holz ersetzt, bewirkt dies nicht nur eine Verringerung des Primärenergieverbrauchs, sondern gleichzeitig auch einen Anstieg der Stickoxidemissionen. In einem solchen Fall lassen sich die Folgen für die Umwelt nur schwer abschätzen.

Die Verfasserin der Untersuchung weist im Weiteren darauf hin, dass Energieeinsparungen häufig mit tieferen Kosten einhergehen, und stellt fest, dass sich das Konzept des «Energiesklaven» in der Kommunikation über Konsumszenarien durchaus als hilfreich erweist.

## A5 Gesamtergebnisse nach Konsumbereichen

Die nachstehende Tabelle ergänzt die Angaben in Kapitel 2.2.2 mit numerischen Werten. Die Berechnungen beruhen im Wesentlichen auf ECOINVENT [2005], BFS [2003] und NICOLLIER [2001].

Tabelle 16: Jährliche Kosten, Energieverbrauch und Umweltbelastungspunkte in der Schweiz pro Person und Jahr.

	<b>Jährliche Kosten<sup>1</sup></b> [CHF]	<b>Energieverbrauch</b> [GJ nicht erneuerbare Primärenergie]	<b>Ökologische Knappheit</b> [Tausend UBP]
Wohnen	7197	51	2316
Private Mobilität	3828	42	2080
Ernährung	5703	34	
Konsumgüter und Dienstleistungen	8252	57	
Öffentliche Dienste und Versicherungen	13208	29	
<b>Total pro Person und Jahr</b>	<b>38188</b>	<b>214</b>	<b>9432<sup>2</sup></b>

<sup>1</sup> Schätzung auf der Basis der Einkommens- und Verbrauchserhebung 2002 [BFS, 2003].

<sup>2</sup> Wert aus dem Jahr 1997, gegenwärtig wahrscheinlich höher.

## A6 Detailangaben zum Bereich Wohnen

Tabelle 17: Energieverbrauch, Emissionen und Umweltwirkungen des Bereichs Wohnen in der Schweiz pro Person und Jahr (Berechnung der Umweltwirkungen anhand der Datenbank ecoinvent 1.2).

	Einheit	Durchschnitt CH (V)	Referenz- szenario (VI)	SIA- Grenzwert (I)	SIA- Zielwert (II)	MINERGIE- Grenzwert (III)	MINER- GIE-P (IV)
Fläche pro Bewohner/-in	m <sup>2</sup>	44	69	69	69	69	69
Nicht erneuerbare Primärenergie	GJ	51	65	41	33	27	19
Energie gesamt	GJ	55	69	45	36	31	22
CO <sub>2</sub>	t	2,0	2,7	1,8	1,4	1,1	0,8
NO <sub>x</sub>	g	2,7	3,6	2,3	2,1	1,9	1,7
Partikel < 2,5 µm	g	0,32	0,43	0,36	0,35	0,36	0,35
Ökologische Knappheit	Tausend UBP	2316	2831	1846	1680	1595	1324
Menschl. Gesundheit (IMPACT 2002+)	Punkte	0,13	0,17	0,11	0,10	0,10	0,09
Qualität der Ökosyst. (IMPACT 2002+)	Punkte	0,05	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03
Treibhauseffekt (IMPACT 2002+)	Punkte	0,24	0,34	0,19	0,14	0,11	0,08
Ressourcen (IMPACT 2002+)	Punkte	0,31	0,40	0,21	0,17	0,14	0,10

Vergleich zwischen einer durchschnittlichen Wohneinheit in der Schweiz (V, 44 m<sup>2</sup> pro Person), einer Referenz-Wohneinheit von 69 m<sup>2</sup> pro Person (VI), einem Haus, das knapp der SIA-Norm 380/1 genügt (I, 69 m<sup>2</sup> pro Person), einem Haus, das die Zielwerte der SIA-Norm 380/1 erfüllt (II, 69 m<sup>2</sup> pro Person) und je einem Haus, das nach dem Standard MINERGIE (Grenzwerte; III, 69 m<sup>2</sup> pro Person) bzw. MINERGIE-P (IV, 69 m<sup>2</sup> pro Person) erbaut wurde. Den Berechnungen wurde eine Nutzungsdauer von 50 Jahren zu Grunde gelegt.

Tabelle 18 enthält dieselben Angaben wie Tabelle 17, jedoch umgelegt auf einen Quadratmeter Wohnfläche und pro Jahr.

Tabelle 18: Energieverbrauch, Emissionen und Umweltwirkungen des Bereichs Wohnen in der Schweiz pro Quadratmeter und Jahr (Berechnung der Umweltwirkungen anhand der Datenbank ecoinvent 1.2).

	<b>Einheit</b>	<b>Durchschnitt CH (V)</b>	<b>SIA-Grenzwert (I)</b>	<b>SIA-Zielwert (II)</b>	<b>MINERGIE-Grenzwert (III)</b>	<b>MINER-GIE-P (IV)</b>
Fläche pro Bewohner/-in	GJ	1,15	0,60	0,47	0,39	0,28
Energie gesamt	GJ	1,24	0,66	0,53	0,45	0,32
CO <sub>2</sub>	kg	45	26	20	15	12
NO <sub>x</sub>	mg	61	34	30	28	25
Partikel < 2,5 µm	mg	7	5	5	5	5
Ökologische Knappheit	Tausend UBP	53	27	24	23	19
Menschl. Gesundheit (IMPACT 2002+)	Punkte	0,0030	0,0015	0,0014	0,0014	0,0013
Qualität der Ökosyst. (IMPACT 2002+)	Punkte	0,0011	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Treibhauseffekt (IMPACT 2002+)	Punkte	0,0056	0,0027	0,0020	0,0016	0,0012
Ressourcen (IMPACT 2002+)	Punkte	0,0070	0,0031	0,0024	0,0020	0,0014

Tabelle 19: Eigenschaften des MINERGIE-Hauses (zwei Familien, acht Personen) und Grenzwerte gemäss SIA-Norm 380/1 für einen Einfamilienhaus-Neubau. Die Zielwerte entsprechen 60 Prozent der Grenzwerte (Berechnungen gemäss SIA [2001], JOLLIET [2003] und MINERGIE [2005]).

		Einheit	Abkürzung	Referenz
<b>Kennzahlen und Merkmale des MINERGIE-Hauses</b>				
MINERGIE: maximale Energiekennzahl <sup>51</sup>	151,2	MJ/m <sup>2</sup> a		www.minergie.ch
MINERGIE-P: maximale Energiekennzahl	108	MJ/m <sup>2</sup> a		www.minergie.ch
Energiebezugsfläche ohne Raumhöhenkorrektur (EBF <sub>0</sub> )	549	m <sup>2</sup>	EBF <sub>0</sub>	SIA 380/1, S. 27
Gebäudehüllfläche (A)	1053		A	SIA 380/1, S. 19
Gebäudehüllzahl A/EBF <sub>0</sub>	1,92		A/EBF <sub>0</sub>	SIA 380/1, S. 20
<b>Werte für einen Einfamilienhaus-Neubau (SIA-Norm 380/1)</b>				
Grenzwerte für den jährlichen Heizwärmebedarf von Neubauten:	90	MJ/m <sup>2</sup> a	H <sub>g0</sub>	SIA 380/1, S. 20
H <sub>g</sub> = H <sub>g0</sub> + Δ H <sub>g</sub> * A/EBF <sub>0</sub>	90	MJ/m <sup>2</sup> a	Δ H <sub>g</sub>	
Energiebezugsfläche ohne Raumhöhenkorrektur (EBF <sub>0</sub> )	60	m <sup>2</sup> /Pers.	EBF <sub>0</sub>	SIA 380/1, S. 27
Wärmebedarf für Warmwasser (gemäss Standardnutzung)	50	MJ/m <sup>2</sup> a	Q <sub>WW</sub>	SIA 380/1, S. 49
Elektrizitätsverbrauch bezogen auf EBF <sub>0</sub> (gemäss Standardnutzung)	80	MJ/m <sup>2</sup> a	Q <sub>E</sub>	SIA 380/1, S. 29/30
Wasserverbrauch	59	m <sup>3</sup> /Pers. a		BAFU, 1999
Erdgaspreis (Kt. Waadt)	0,072	CHF/m <sup>3</sup>		www.lausanne.ch
Anstieg des Erdgaspreises	0,0%			Hypothese
CO <sub>2</sub> -Abgabe	30	CHF/t		<sup>52</sup>
Inflation	1%			Hypothese
Kapitalkosten (inkl. Inflation)	4%			Szenario 1a
	2%			Szenario 1b

<sup>51</sup> Heizung und Warmwasser; die für Heizung und Lüftung benötigte Elektrizität wird doppelt gerechnet.

<sup>52</sup> Gemäss CO<sub>2</sub>-Gesetz beträgt die CO<sub>2</sub>-Abgabe maximal CHF 210.– pro Tonne.

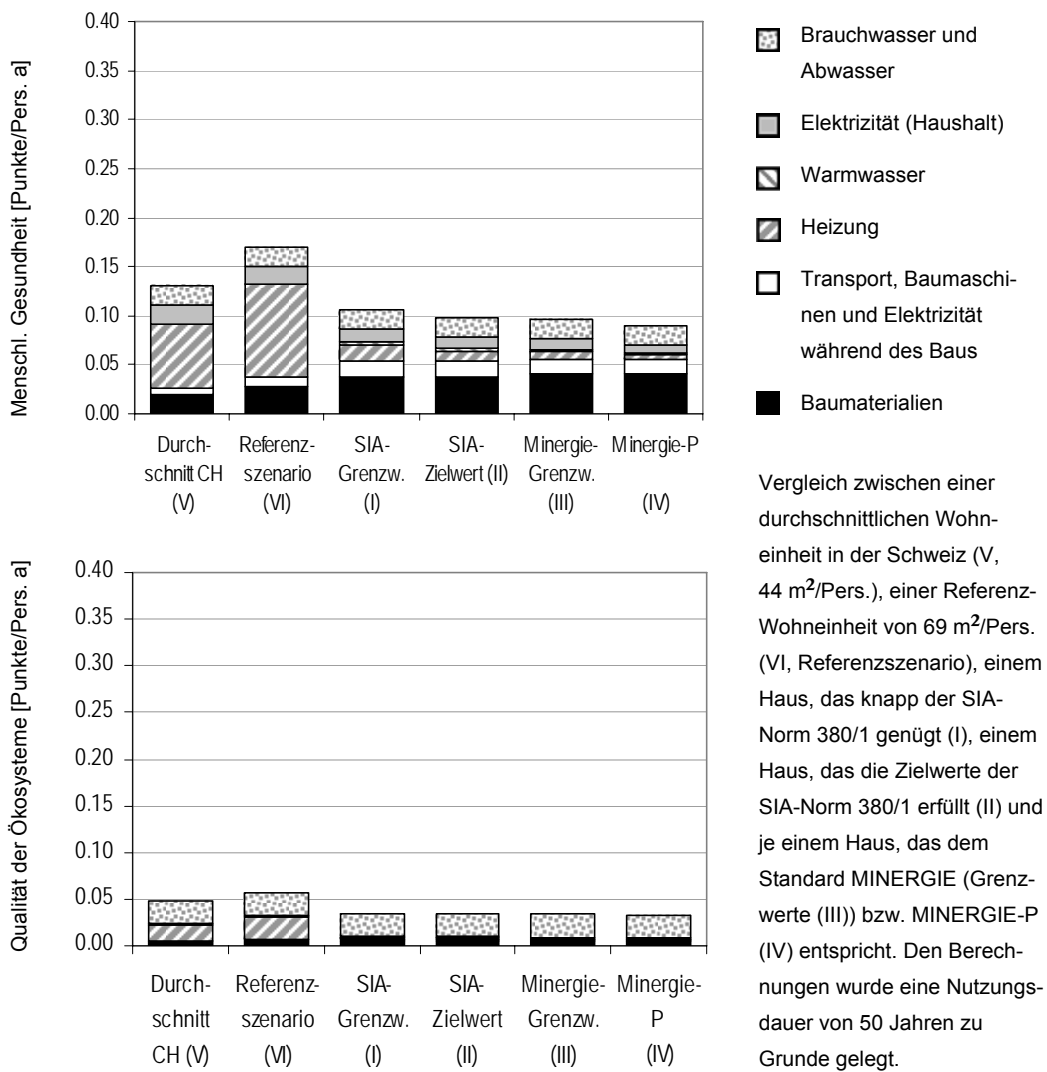


Abbildung 19: Wirkungen des Wohnens auf die menschliche Gesundheit und die Qualität der Ökosysteme pro Person und Jahr (Methode IMPACT 2002+).



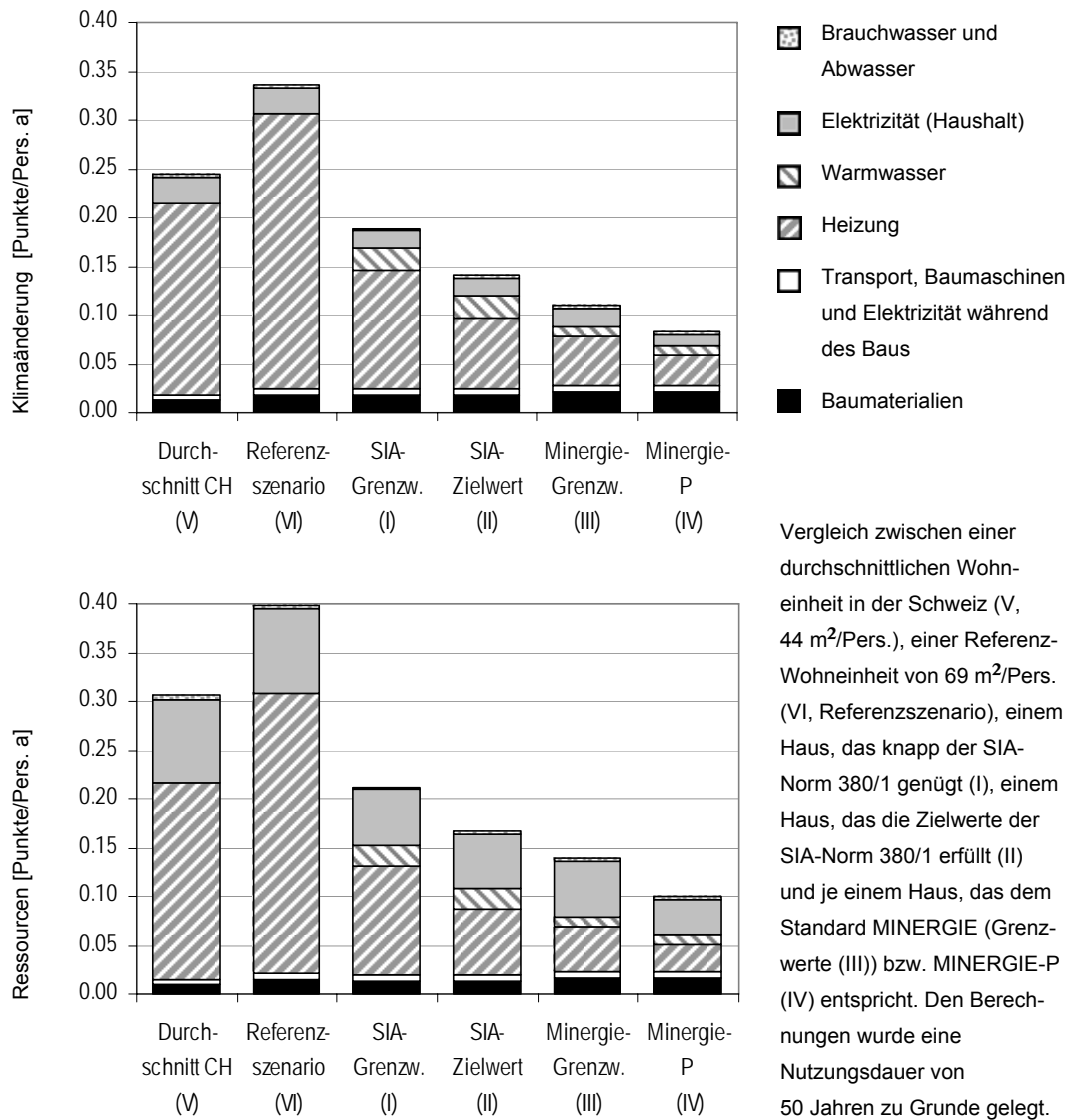


Abbildung 20: Wirkungen des Wohnens auf den Ressourcenverbrauch (Methode IMPACT 2002+) und die Klimaänderung pro Person und Jahr.

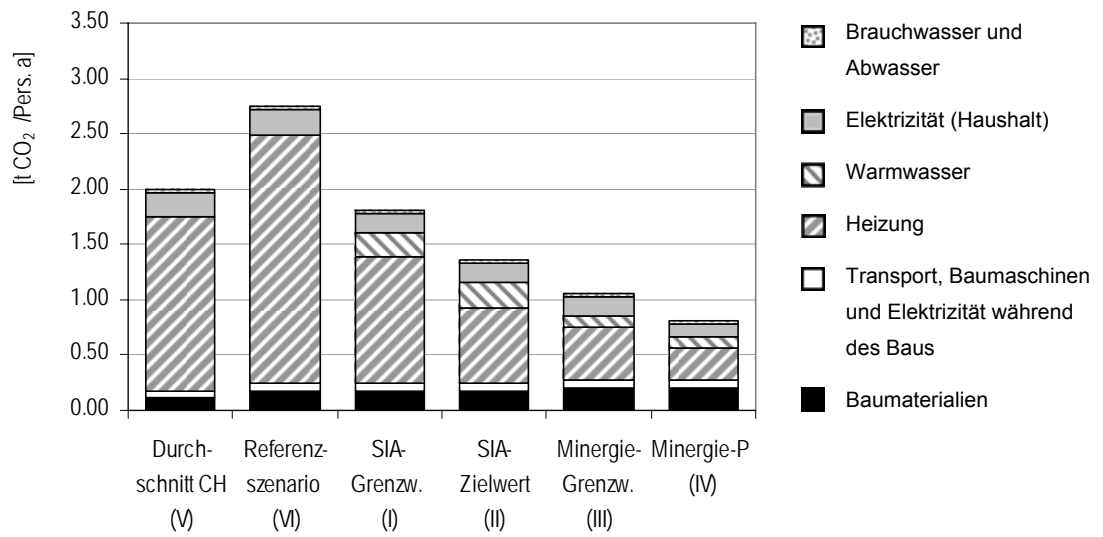


Abbildung 21: Treibhausgasemissionen aus dem Bereich Wohnen pro Person und Jahr.

Tabelle 20: Beispielhafter Vergleich der Kosten eines 2003 im Kanton Waadt erbauten MINERGIE-Hauses und derjenigen eines (fiktiven) vergleichbaren Hauses, das der Norm SIA 380/1 entspricht (Hypothese: zwei Familien, acht Personen).

Kostenfaktor	MINERGIE-Haus (EBF <sub>0</sub> <sup>53</sup> : 549 m <sup>2</sup> )	Haus nach SIA 380/1 (EBF <sub>0</sub> : 549 m <sup>2</sup> )	Kostendifferenz (MINERGIE – SIA 380/1)
Isolierung	6 cm dickere Isolierung +25 CHF/m <sup>2</sup>		15'000 CHF
Lüftungssystem		29'774 CHF	29'774 CHF
Sonnenkollektoren		22'618 CHF	22'618 CHF
Isolierschicht unter Fundament	25 cm 94 m <sup>2</sup>	16 cm 94 m <sup>2</sup>	6240 CHF
Fenster	74 m <sup>2</sup> +20 CHF/ m <sup>2</sup>		1480 CHF
Wärmefachmann	~30 h	~18 h	4000 CHF
Architekt	+9% <sup>54</sup>		12'167 CHF
Subvention für Planung		3000 CHF	-3000 CHF
Subvention für Sonnenkollektoren		5600 CHF	-5600 CHF
MINERGIE-Kredit		16'000 CHF	-16'000 CHF
Baukosten gesamt	1'606'006 CHF 104,3 %	1'533'327 CHF 100%	66'679 CHF 4,3%
Energiekosten 2003 (Heizung und Warmwasser)	1587 CHF 46%	3447 CHF 100,0%	-1860 CHF -54%

<sup>53</sup> Energiebezugsfläche ohne Raumhöhenkorrektur.

<sup>54</sup> Da immer mehr Architektinnen und Architekten über Erfahrungen mit MINERGIE-Häusern verfügen, ist damit zu rechnen, dass sich die Honorarkosten für MINERGIE- und für herkömmliche Häuser angleichen.

## A7 Detailangaben zur privaten Mobilität

Gemäss dem Bericht über die Mobilität in der Schweiz – Ergebnisse des Mikrozensus 2000 zum Verkehrsverhalten [ARE/BFS, 2002] – sind 90 Prozent der Bevölkerung täglich mindestens einmal unterwegs. In der Schweiz legt jede Person ab sechs Jahren pro Tag im Durchschnitt 37 km zurück; die mittlere Unterwegszeit beträgt 85 Minuten und die mittlere Anzahl Wege 3,6. Berücksichtigt man auch die Auslandsreisen, erhöht sich das tägliche Verkehrsaufkommen um knapp 30 Prozent. Die Bedeutung der verschiedenen Verkehrszwecke wird charakterisiert durch die Anzahl Wege, die Distanz und den Zeitaufwand, welche eine Person im Verlaufe eines Tages für ein bestimmtes Mobilitätsbedürfnis aufwendet. Über eine ganze Woche betrachtet entfallen 40 Prozent aller Wege auf den Freizeitverkehr. 44 Prozent der täglich zurückgelegten Distanzen und 49 Prozent der täglichen Unterwegszeit sind diesem Verkehrszweck zuzuordnen; am Sonntag entfallen gar 78 Prozent aller Wege auf die Freizeit. Zum Zwecke der vorliegenden Studie wurde davon ausgegangen, dass die Dienstfahrten 13,9 Prozent des gesamten Verkehrsaufkommens ausmachen [ARE/BFS, 2002].

Tabelle 21: Durchschnittlich zurückgelegte Distanz pro Person und Jahr in der Schweiz [ARE/BFS, 2002].

Verkehrsmittel	km Inland pro Person und Jahr	km Ausland pro Person und Jahr	Total pro Person und Jahr	%
Auto (Lenker/in)	6523	393	6916	39,7
Auto (Mitfahrer/in)	2616	358	2974	17,1
Flugzeug	110	2523	2633	15,1
Bahn	1848	237	2085	12,0
Zu Fuss	626	8	634	3,6
Bus	355	30	385	2,2
Velo	346	3	349	2,0
Reisecar	180	123	303	1,7
Lastwagen <sup>55</sup>	270	0	270	1,6
Motorrad (Lenker/in)	172	27	199	1,1
Tram	137	0	137	0,8
Schiff	17	69	86	0,5
Postauto	72	0	72	0,4
Motorrad (Mitfahrer/in)	53	6	59	0,3
Seilbahn	58	0	58	0,3
Mofa	40	0	40	0,2
Kleinmotorrad	37	0	37	0,2
Taxi	16	8	24	0,1
Andere Verkehrsmittel	114	41	155	0,9
<b>Total</b>	<b>13'590</b>	<b>3826</b>	<b>17'416</b>	<b>100</b>

<sup>55</sup> Umfasst nicht den gesamten Güterverkehr mit Lastwagen, sondern nur Lastwagenfahrten, die im Rahmen des täglichen Personenverkehrsverhaltens zurückgelegt worden sind.

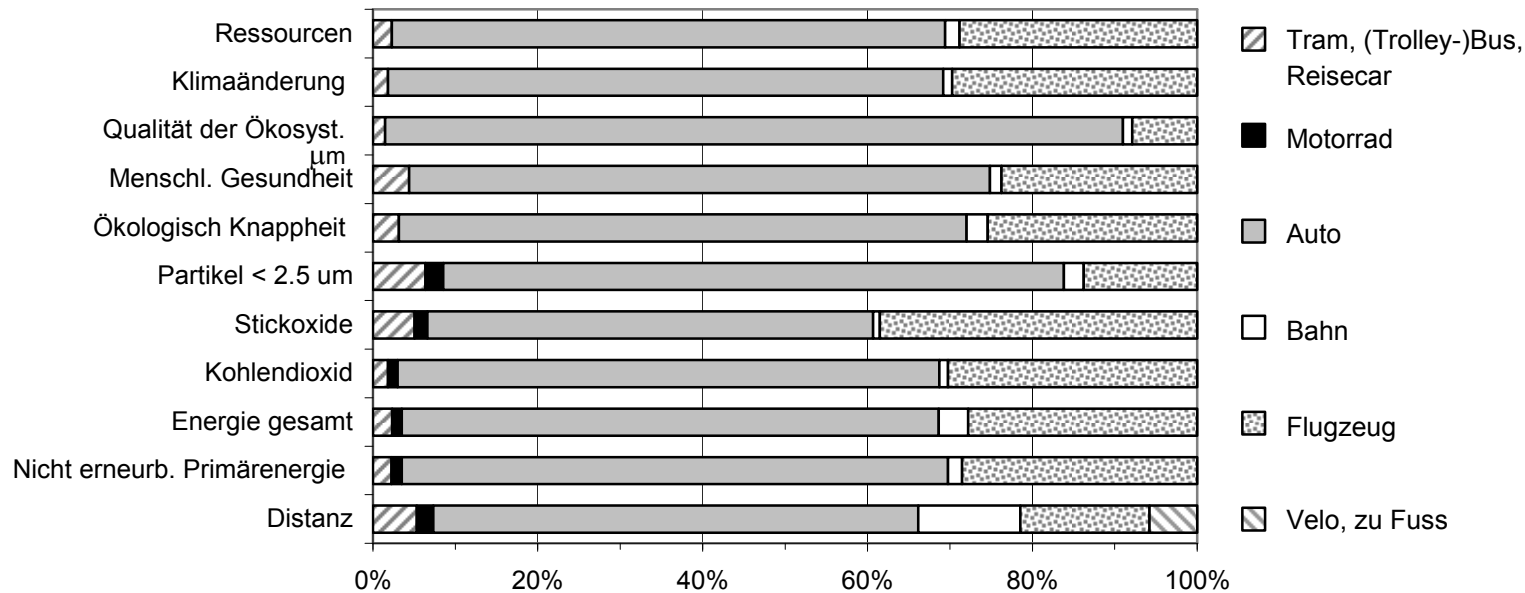


Abbildung 22: Energieverbrauch, Emissionen und Umweltwirkung der durchschnittlichen Verkehrsleistung einer Person in der Schweiz nach Verkehrsmittel (durchschnittliche Technologie und durchschnittlicher Besetzungsgrad [Auto: 1,59 Personen]; Berechnung mit Hilfe der Datenbank ecoinvent 1.2; statistische Angaben zur Mobilität basierend auf ARE/BFS [2002]).

Lesebeispiel: Im Jahr 2002 legte ein Einwohner der Schweiz 57 Prozent seiner Wege mit dem Auto, 15 Prozent mit dem Flugzeug und 12 Prozent mit der Bahn zurück (vgl. Tabelle 21). Hingegen sind 66 Prozent der verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf den Autoverkehr, 31 Prozent auf den Luftverkehr und 1,5 Prozent auf den Schienenverkehr zurückzuführen (vgl. Abb. 22).

Hinweis: Die Umweltwirkung der Motorräder wurde bei der Ermittlung der Umweltbelastungspunkte und in den Schadenskategorien nach IMPACT 2002+ (Ressourcen, Klimaänderung, menschliche Gesundheit, Qualität der Ökosysteme) nicht berücksichtigt.

Tabelle 22: Umweltwirkung der durchschnittlichen Verkehrsleistung einer Person in der Schweiz nach Verkehrsmittel (durchschnittliche Technologie und durchschnittlicher Besetzungsgrad [Auto: 1,59 Personen]; Berechnung der Umweltwirkungen mit Hilfe der Datenbank ecoinvent 1.2; statistische Angaben zur Mobilität basierend auf ARE/BFS [2002]).

Verkehrsmittel	Distanz	Nicht erneuerb. Primärenergie	Energie gesamt	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Partikel < 2,5 µm	Ökologische Knappheit	Menschliche Gesundheit	Qualität der Ökosysteme	Klimaänderung	Ressourcen
	Pkm	GJ-Äq.	GJ-Äq.	kg	kg	kg	UBP	Punkte <sup>1)</sup>	Punkte <sup>1)</sup>	Punkte <sup>1)</sup>	Punkte <sup>1)</sup>
Tram	137	0,1	0,2	3	0,012	0,001	8225	0,000	0,000	0,000	0,001
Trolleybus	193	0,2	0,3	4	0,012	0,002	11'715	0,000	0,000	0,000	0,001
Autobus	265	0,5	0,5	28	0,300	0,014	37'199	0,006	0,001	0,003	0,003
Regionalzug <sup>3)</sup>	626	0,3	0,8	9	0,028	0,004	26'173	0,001	0,000	0,001	0,002
Auto (Inland)	9890	32,3	33,5	1859	4,975	0,287	1'685'751	0,154	0,076	0,197	0,213
Lastwagen	1570	5,8	5,9	337	2,832	0,148	433'821	0,063	0,013	0,035	0,038
Reisecar	303	0,3	0,3	16	0,140	0,007	19'474	0,003	0,000	0,002	0,002
Fernreisezug <sup>3)</sup>	1251	0,3	0,8	10	0,033	0,004	27'352	0,001	0,000	0,001	0,002
Hochgeschwindigkeitszug (ICE)	209	0,2	0,2	12	0,014	0,002	9376	0,001	0,000	0,001	0,001
Flugzeug	2633	13,9	14,3	855	3,541	0,052	622'286	0,052	0,007	0,087	0,091
Motorrad (250–750 cm <sup>3</sup> )	258	0,5	0,5	28	0,129	0,007	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>
Mofa (50 cm <sup>3</sup> )	77	0,1	0,1	5	0,012	0,001	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>
Übrige	153	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>
<b>Total pro Person und Jahr (Inland)</b>	<b>17'565</b>	<b>55</b>	<b>57</b>	<b>3166</b>	<b>12,0</b>	<b>0,53</b>	<b>2'881'373</b>	<b>0,28</b>	<b>0,1</b>	<b>0,33</b>	<b>0,35</b>

<sup>1)</sup> Wirkungsabschätzungsmethode IMPACT 2002+ [JOLLIET, 2004].

<sup>2)</sup> Nicht verfügbar.

<sup>3)</sup> Elektrizitätsmix der Schweizerischen Bundesbahnen.

Tabelle 23: Umweltwirkung der durchschnittlichen Verkehrsleistung einer Person in der Schweiz nach Verkehrsmittel, ohne Dienstfahrten (Berechnung der Umweltwirkungen mit Hilfe der Datenbank ecoinvent 1.2; statistische Angaben zur Mobilität basierend auf [ARE/BFS, 2002]).

Verkehrsmittel	Distanz	Nicht erneuerb. Primär- energie	Energie gesamt	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Partikel < 2,5 µm	Ökologische Knappheit	Menschliche Gesundheit	Qualität der Ökosysteme	Klima- änderung	Ressourcen
	Pkm	GJ-Äq.	GJ-Äq.	kg	kg	kg	UBP	Punkte <sup>1)</sup>	Punkte <sup>1)</sup>	Punkte <sup>1)</sup>	Punkte <sup>1)</sup>
Tram	118	0,1	0,1	3	0,011	0,001	7082	0,000	0,000	0,000	0,001
Trolleybus	166	0,2	0,2	4	0,010	0,001	10'087	0,000	0,000	0,000	0,001
Autobus	228	0,4	0,4	24	0,259	0,012	32'029	0,005	0,001	0,003	0,003
Regionalzug <sup>3)</sup>	539	0,3	0,7	7	0,024	0,003	22'535	0,001	0,000	0,001	0,002
Auto (Inland)	8515	27,8	28,8	1601	4,283	0,247	1'451'431	0,133	0,065	0,170	0,183
Reisecar	261	0,2	0,2	14	0,121	0,006	16'767	0,002	0,000	0,001	0,002
Fernreisezug <sup>3)</sup>	1077	0,3	0,7	8	0,029	0,003	23'550	0,001	0,000	0,001	0,002
Hochgeschwindigkeitszug (ICE)	180	0,2	0,2	10	0,012	0,001	8073	0,000	0,000	0,001	0,001
Flugzeug	2267	12,0	12,3	736	3,049	0,045	535'789	0,045	0,006	0,075	0,079
Motorrad (250–750 cm <sup>3</sup> )	222	0,4	0,4	24	0,111	0,006	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>
Mofa (50 cm <sup>3</sup> )	66	0,1	0,1	4	0,010	0,001	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>
Übrige	132	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>
<b>Total pro Person und Jahr (Inland)</b>	<b>13'771</b>	<b>42</b>	<b>44</b>	<b>2435</b>	<b>7,92</b>	<b>0,33</b>	<b>2'107'343</b>	<b>0,19</b>	<b>0,07</b>	<b>0,25</b>	<b>0,27</b>

<sup>1)</sup> Wirkungsabschätzungsmethode IMPACT 2002+ [JOLLIET, 2004].

<sup>2)</sup> Nicht verfügbar.

<sup>3)</sup> Elektrizitätsmix der Schweizerischen Bundesbahnen.

## Wahl des Verkehrsmittels

Die Datenbank [ECOINVENT 1.2, 2005] erlaubt eine rasche Beurteilung der durch Verkehr und Mobilität verursachten Umweltwirkungen. Sind die durch eine Person zurückgelegte Distanz in Kilometern und der durchschnittliche Besetzungsgrad des Verkehrsmittels bekannt, lässt sich die Wirkung einer Fahrt abhängig vom gewählten Verkehrsmittel abschätzen.

Tabelle 24: Umweltwirkung der verschiedenen Verkehrsmittel pro zurückgelegtem Personenkilometer in der Schweiz (durchschnittliche Technologie und durchschnittlicher Besetzungsgrad [Auto: 1,59 Personen]; Berechnung der Umweltwirkungen mit Hilfe der Datenbank ecoinvent 1.2).

<b>Energieverbrauch und Umweltwirkung</b>	<b>Nicht erneuerbare Primärenergie</b>	<b>Energie gesamt</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>Partikel &lt; 2,5 µm</b>	<b>Ökologische Knappheit</b>	<b>Menschliche Gesundheit</b>	<b>Qualität der Ökosysteme</b>	<b>Klimaänderung</b>	<b>Ressourcen</b>
<b>Verkehrsmittel</b>	[MJ/ Pkm]	[MJ/ Pkm]	[kg CO <sub>2</sub> / Pkm]	[g/ Pkm]	[g/ Pkm]	[UBP/ Pkm]	[Punkte/ 10'000 Pkm]	[Punkte/ 10'000 Pkm]	[Punkte/ 10'000 Pkm]	[Punkte/ 10'000 Pkm]
Einheit										
Flugzeug (interkontinental)	4,0	4,1	0,26	1,1	0,015	178	0,16	0,02	0,26	0,26
Flugzeug (Durchschnitt)	5,3	5,4	0,32	1,3	0,020	236	0,20	0,03	0,33	0,35
Flugzeug (Europa)	8,5	8,9	0,48	1,9	0,031	382	0,31	0,04	0,49	0,56
Hochgeschwindigkeitszug (ICE)	1,0	1,1	0,06	0,1	0,008	49	0,03	0,01	0,06	0,07
Fernreisezug	0,2	0,6	0,01	0,0	0,003	22	0,01	0,00	0,01	0,02
Regionalzug	0,5	1,3	0,01	0,0	0,006	42	0,02	0,01	0,01	0,03
Reisecar	0,9	0,9	0,05	0,5	0,023	64	0,09	0,01	0,05	0,06
Durchschnittsauto (CH, 4 Personen)	1,4	1,4	0,08	0,2	0,014	73	0,07	0,03	0,09	0,09
Durchschnittsauto (EU, 1,59 Personen)	3,1	3,3	0,18	0,7	0,044	196	0,21	0,08	0,19	0,21
Durchschnittsauto (CH, 1,59 Personen)	3,2	3,2	0,19	0,5	0,033	174	0,17	0,08	0,20	0,21
Durchschnittsauto (CH, 1 Person)	5,2	5,3	0,32	0,8	0,053	282	0,28	0,12	0,34	0,34
Geländewagen (15,2 l/100 km)	5,1	5,2	0,32	0,8	0,050	268	0,26	0,12	0,34	0,34
Hybridfahrzeug (4,3 l/100 km)	1,9	2,0	0,11	0,3	0,025	123	0,12	0,04	0,12	0,13
Bus	1,8	1,9	0,11	1,1	0,054	141	0,22	0,02	0,11	0,12
Trolleybus	1,1	1,4	0,02	0,1	0,008	61	0,02	0,01	0,02	0,07



■ Betrieb (Energieverbrauch u. -produktion) □ Fahrzeug (Herst., Unterh., Ents.) ■ Infrastruktur (Bereitst., Unterh., Ents.)

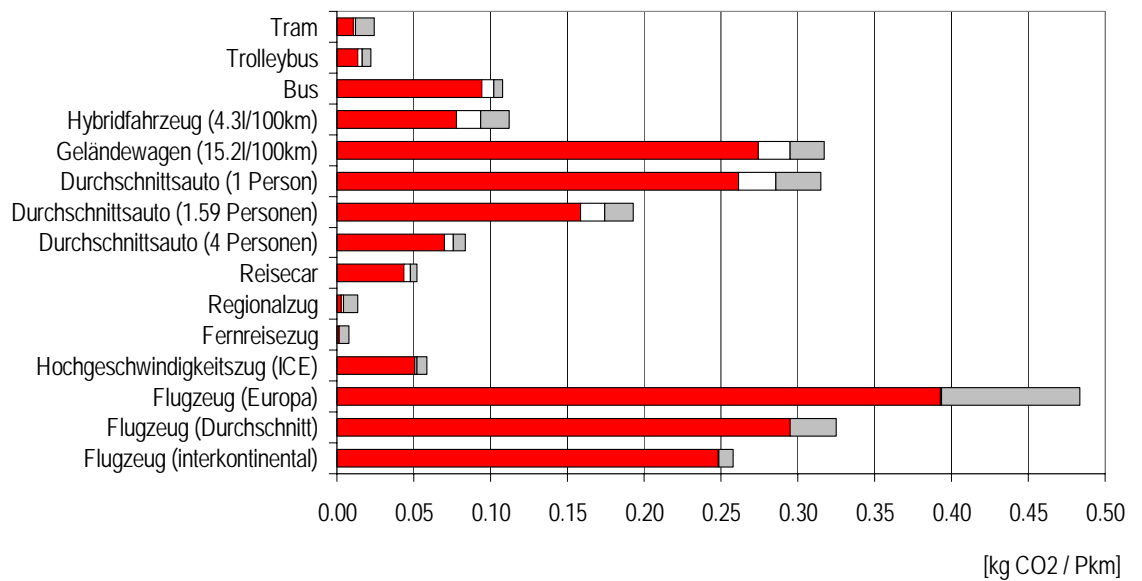
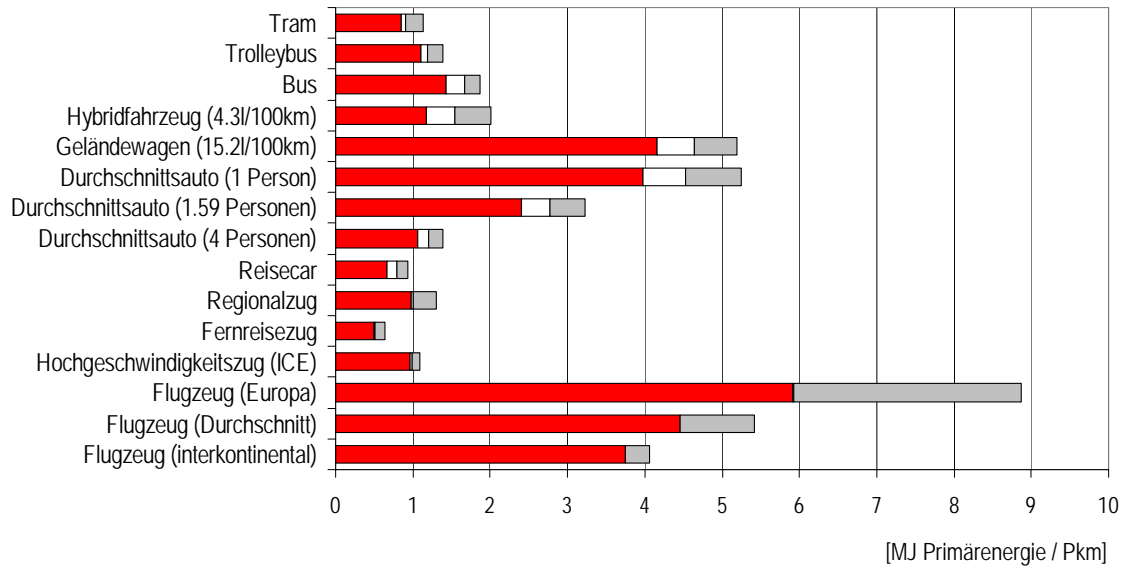


Abbildung 23: Gesamter Primärenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen, die auf die Benutzung verschiedener Personenverkehrsmittel zurückzuführen sind (durchschnittliche Technologie und durchschnittlicher Besetzungsgrad [Auto: 1,59 Personen]) [ECOINVENT 1.2, 2005].

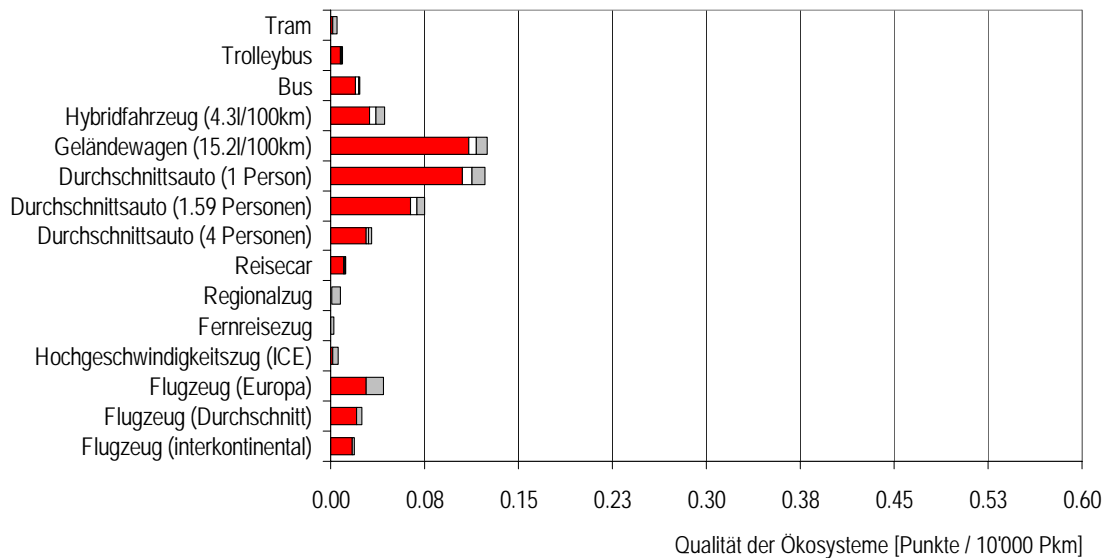
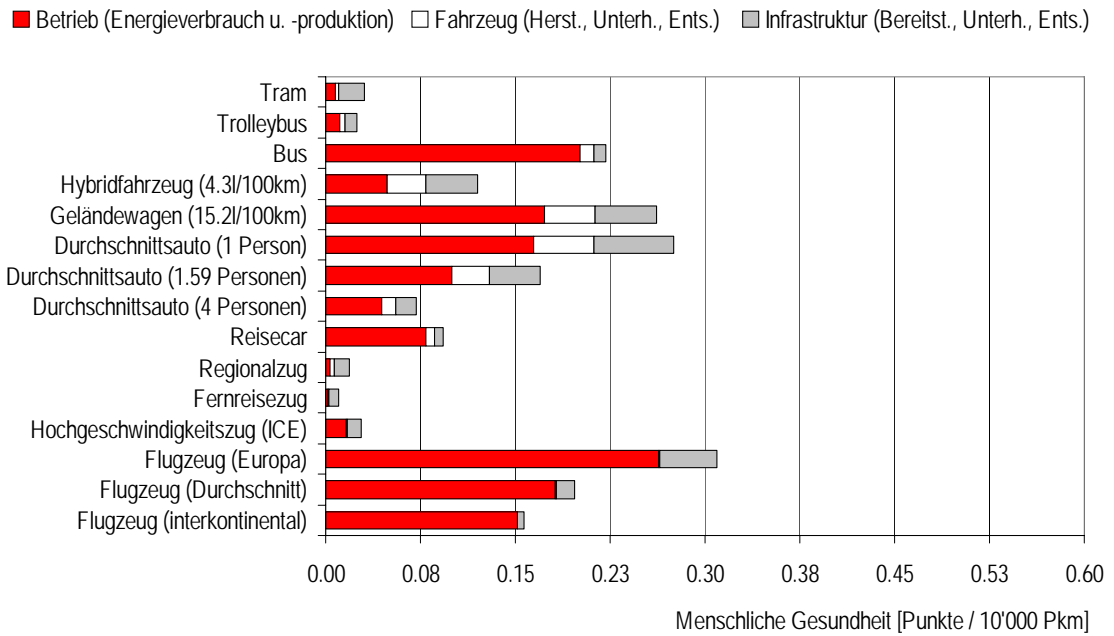


Abbildung 24: Wirkungen der Benutzung verschiedener Personenverkehrsmittel auf die menschliche Gesundheit und die Qualität der Ökosysteme (durchschnittliche Technologie und durchschnittlicher Besetzungsgrad [Auto: 1,59 Personen]) [Ecoinvent 1.2, 2005].

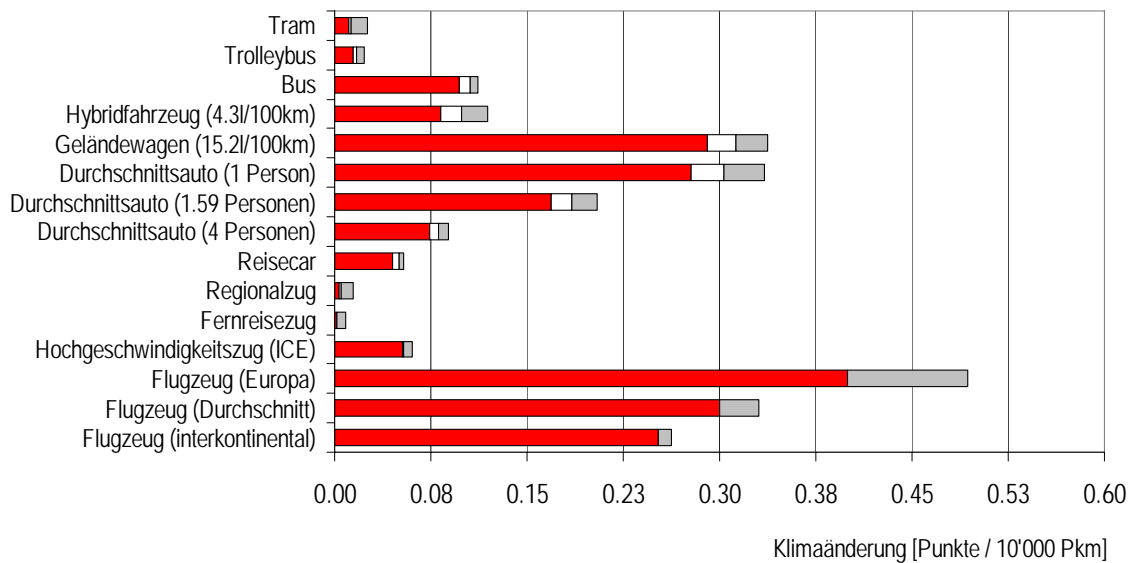
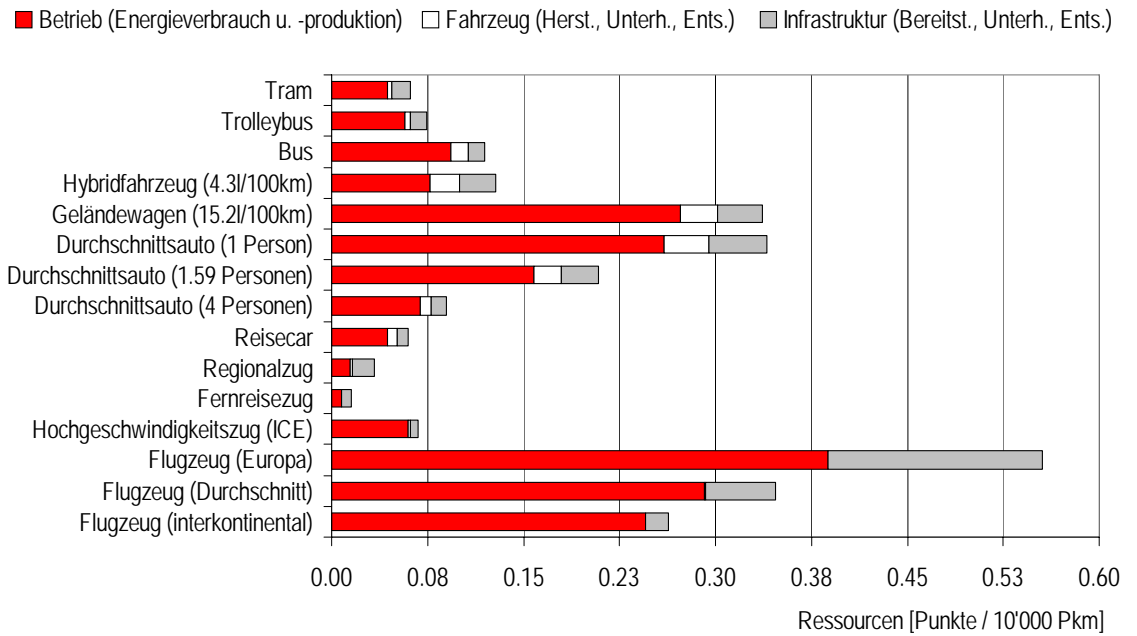


Abbildung 25: Ressourcenverbrauch und Wirkung auf die Klimaänderung, die auf die Benutzung verschiedener Personenverkehrsmittel zurückzuführen sind (durchschnittliche Technologie und durchschnittlicher Be-setzungsgrad [Auto: 1,59 Personen]) [ecoinvent 1.2, 2005].

## A8 Detailangaben zu Konsumgütern und Dienstleistungen

### Allgemeine Hypothesen des Szenarios betreffend die energieEtikette

Zum Zwecke dieser Untersuchung wurden die wirtschaftlich und energetisch effizientesten Modelle berücksichtigt (gemäss Angaben auf [www.topten.ch](http://www.topten.ch) vom 8.7.2004).

Tabelle 25: Eigenschaften der Geräte sowie den Szenarien zu Grunde liegende Hypothesen.

Lampen	Nutzungs-dauer (Jahre)	Hypothesen	Effizienzklasse energieEtikette	Kaufpreis (CHF)	Energie (kWh/ Lampe u. Jahr)	Lichtstrom (Lumen/Lampe)	Lichtausbeute pro Lampe (Lumen/Watt)	Bauhöhe (mm)
Ikea, Standard	9	6 Lampen pro Person, eingeschaltet während 1000 h/Jahr	A	5.90	15	900	60	141
Ikea, Globe	9		A	6.90	11	570	52	128
ineffizientes Modell (10 Lampen), Glühlampe Standard 75 Watt	1		E	20.00	75	940	13	105

Kühlschrank	Nutzungs-dauer (Jahre)	Hypothesen	Effizienzklasse energieEtikette	Kaufpreis (CHF)	Energie / (kWh/ Gerät u. Jahr)	Nutzzinhalt gesamt (Liter)	Gefrierteil (Liter)	Standort (°C)
Bauknecht, KV Optima	15	Ganzjährig und rund um die Uhr in Betrieb	A+	952	175	222	22	16–38
ineffizientes Modell	15		B	703	380	222	40	16–32

Geschirrspüler	Nutzungs-dauer (Jahre)	Hypothesen	Effizienzklasse energieEtikette	Kaufpreis (CHF)	Energie (kWh/ Waschgang)	Wasser (Liter/ Waschgang)	Lärmpegel (dB(A))	Mass-gedecke
Hoover, DT 999 SY	15	124 Waschgänge / 1,25 kg Waschmittel pro Person und Jahr	A	1472	1,05	13	46	12
ineffizientes Modell	15		C/B/D	1264	1,4	18	53	12

Waschmaschine	Nutzungs-dauer (Jahre)	Hypothesen	Effizienzklasse energieEtikette	Kaufpreis (CHF)	Energie (kWh/ Waschgang)	Max. Schleuder-zahl	Wasser (Liter/ Waschgang)	Füllmenge (kg)
Candy, Tempo Logic CBL 160 P	15	86 Waschgänge / 1,25 kg Waschmittel pro Person und Jahr	A	1480	0,85	1600	39	5
ineffizientes Modell	15		C/D/E	736	1,3	600	70	5

Wäschetrockner	Nutzungs-dauer (Jahre)	Hypothesen	Effizienzklasse energieEtikette	Kaufpreis (CHF)	Energie (kWh/ kg Wäsche)	Trocknungszeit (min)	Füllmenge (kg)	Trocknung mit
AEG, LAVATHERM 8080	15	322 kg Wäsche pro Person und Jahr	A	3192	0,35	100	5	Kondensation m. Wärmepumpe
ineffizientes Modell	15		C	1800	0,7	90	5	Kondensation mit Luft

Häufig liegt der effektive Verkaufspreis unter dem Katalogpreis, insbesondere dann, wenn Geräte im Zuge des Hausbaus oder der Renovation der Küche gekauft werden. In den Szenarien wurde deshalb von einem Preis ausgegangen, der 20 Prozent unter dem offiziellen Verkaufspreis liegt.

Schweizer Haushalte zahlen im Durchschnitt einen Strompreis von rund 20 Rappen pro Kilowattstunde. Allerdings liegt der Normaltarif deutlich über dem Nachttarif. Auch regional sind bedeutende Unterschiede feststellbar: Im Kanton Waadt beispielsweise liegt der durchschnittliche Strompreis bei ca. 25 Rappen pro Kilowattstunde. Preisunterschiede können sich demnach massgeblich auf die potenziellen Einsparungen auswirken. Je höher der Strompreis, desto vorteilhafter ist es, Geräte der Klasse A oder höher zu verwenden.

# Index

## 1 Abkürzungen

### **BAFU**

Bundesamt für Umwelt  
(bis 1.1.2006 Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL)

### **BFE**

Bundesamt für Energie

### **BFS**

Bundesamt für Statistik

### **CH<sub>4</sub>**

Methan

### **C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>**

Äthylen

### **CO<sub>2</sub>**

Kohlendioxid

### **CORINAIR**

CORe INventory of AIR emissions

### **DALY**

Disability Adjusted Life Years

### **EPFL**

École Polytechnique Fédérale de Lausanne

### **FCKW**

Fluorchlorkohlenwasserstoffe

### **g**

Gramm

### **GJ**

Gigajoule, 10<sup>9</sup> Joule

### **IOA**

Input-Output-Analyse

### **kg**

Kilogramm

### **km**

Kilometer

### **kWh**

Kilowattstunde, 1000 Watt pro Stunde, 3,6 Millionen Joule

### **l**

Liter

**LCA**

Life Cycle Assessment, Ökobilanzierung

**m**

Meter

**MJ**

Megajoule,  $10^6$  Joule

**NMVOG**

Non Methan Volatile Organic Compounds, nicht methanhaltige flüchtige organische Verbindungen

**NO**

Stickstoffmonoxid

**NO<sub>2</sub>**

Stickstoffdioxid

**NO<sub>x</sub>**

Stickoxide

**N<sub>2</sub>O**

Distickstoffmonoxid, Distickstoffoxid

**NOGA**

Nomenclature Générale des Activités économiques, Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige

**Pers.**

Person

**Pers. a**

Pro Person und Jahr

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**

Phosphat

**Pkm**

Personenkilometer, d. h. ein von einer Person zurückgelegter Kilometer

**SIA**

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein

**SIA 380/1**

Thermische Energie im Hochbau, SIA Norm 380/1, Zürich, 2001

**SO<sub>2</sub>**

Schwefeldioxyd

**t**

Tonne

**VOC**

Volatile Organic Compounds, flüchtige organische Verbindungen

## 2 Abbildungen

Abbildung 1:	Räumliche Abgrenzung des untersuchten Systems (in Anlehnung an Wilting [2003]).	17
Abbildung 2:	Umweltwirkungen der fünf Konsumbereiche (pro Person und Jahr). Vergleich der Ergebnisse aus verschiedenen Untersuchungen. Wirkungskategorien und Masseinheiten sind in Anhang 1 erklärt.	19
Abbildung 3:	Darstellung des Verhältnisses von Kosten und Umweltwirkung bzw. von Kosten und Energieverbrauch nach Konsumbereich pro Person und Jahr in der Schweiz (Abschätzungen hauptsächlich basierend auf ecoinvent [2005], BFS [2003] und Nicollier [2001]). Die Zahlenwerte sind in Anhang 5 enthalten.	21
Abbildung 4:	Schätzung des Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie für die Herstellung und die Bereitstellung verschiedener Gruppen von Konsumgütern und Dienstleistungen (Berechnungen basierend auf Nicollier [2000], BFS [2003] und Hofer [2002]).	24
Abbildung 5:	E2-Vektormodell (Ökologie – Ökonomie), das im Rahmen der Studie verwendet wird (Gegenüberstellung einer Umweltwirkung und einer ökonomischen Grösse [Kosten usw.]).	30
Abbildung 6:	Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie und Umweltwirkung im Bereich Wohnen pro Person und Jahr.	38
Abbildung 7:	Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie (MJ) und Umweltwirkung (UBP) verschiedener Personenverkehrsmittel (die Berechnungen basierend auf durchschnittlicher Technologie und auf durchschnittlichem Besetzungsgrad [Auto: 1,59 Personen] [ecoinvent 1.2, 2005]).	41
Abbildung 8:	Verlängertes Wochenende in Paris: Energieverbrauch, Umweltwirkung (in UBP) sowie Kosten pro Person abhängig von der Wahl des Verkehrsmittels [ecoinvent 1.2, 2005].	44
Abbildung 9:	Kombinierter Vergleich der Herstellung (—) und des Gebrauchs (- - -) von Leuchten der Effizienzklassen A und E unter energetischen und finanziellen Gesichtspunkten.	50
Abbildung 10:	Leistungsvergleich bei der Herstellung (—) und beim Gebrauch (- - -) von Haushaltsgeräten der Effizienzklassen A und C unter energetischen (Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie) und finanziellen Gesichtspunkten pro Person und Jahr.	51
Abbildung 11:	Kumulierte Energieeinsparungen pro Person und Jahr, die durch die in der Fallstudie beschriebenen Szenarien für ein umweltverträglicheres Konsumverhalten möglich werden (Energiesparlampen und energieeffiziente Geräte, Trocknen der Wäsche durch Aufhängen im Freien).	54
Abbildung 12:	Schätzung des Verbrauchs an nicht erneuerbarer Primärenergie und der Umweltwirkungen der Elektrizitätsgewinnung nach verschiedenen Energiequellen (Berechnungen basierend auf ecoinvent 1.2 [2005] und S.A.F.E. [2001]).	56
Abbildung 13:	Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie und Kosten pro Person und Jahr abhängig von der Herkunft des Stroms und der Energieeffizienz der	

	verwendeten Geräte (Beleuchten, Kühlen, Waschen und Trocknen, Geschirrspülen).	57
Abbildung 14:	Einsparungen an nicht erneuerbarer Primärenergie und Verminderung der Umweltwirkungen in UBP für 13 Szenarien für ein umweltbewusstes Konsumverhalten.	62
Abbildung 15:	Umweltvorteile sowie potenzielle Energie- und Kosteneinsparungen pro Person und Jahr, die durch die Anwendung der hier vorgestellten Szenarien für einen umweltbewussten Konsum in der Schweiz realisiert werden. Die gepunkteten Flächen beziehen sich auf herkömmliche Verbrauchsmuster, die ausgefüllten Flächen dagegen auf die Szenarien für einen umweltbewussten Konsum.	66
Abbildung 16:	Schematische Darstellung von IMPACT 2002+. Die Methode erlaubt eine Zuordnung der Sachbilanzdaten des Lebenszyklus zu Wirkungs- und Schadenskategorien (nach Jolliet et al. [2003]).	73
Abbildung 17:	Aufschlüsselung des Primärenergieverbrauchs und der Ausgaben in der Schweiz nach Konsumbereich (Schema aktualisiert und übernommen von Nicollier [2000]).	80
Abbildung 18:	Vergleich des Primärenergieverbrauchs pro Kopf in verschiedenen Ländern [Nicollier, 2000].	81
Abbildung 19:	Wirkungen des Wohnens auf die menschliche Gesundheit und die Qualität der Ökosysteme pro Person und Jahr (Methode IMPACT 2002+).	86
Abbildung 20:	Wirkungen des Wohnens auf den Ressourcenverbrauch (Methode IMPACT 2002+) und die Klimaänderung pro Person und Jahr.	87
Abbildung 21:	Treibhausgasemissionen aus dem Bereich Wohnen pro Person und Jahr.	88
Abbildung 22:	Energieverbrauch, Emissionen und Umweltwirkung der durchschnittlichen Verkehrsleistung einer Person in der Schweiz nach Verkehrsmittel (durchschnittliche Technologie und durchschnittlicher Besetzungsgrad [Auto: 1,59 Personen]; Berechnung mit Hilfe der Datenbank ecoinvent 1.2; statistische Angaben zur Mobilität basierend auf ARE/BFS [2002]).	91
Abbildung 23:	Gesamter Primärenergieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Emissionen, die auf die Benutzung verschiedener Personenverkehrsmittel zurückzuführen sind (durchschnittliche Technologie und durchschnittlicher Besetzungsgrad [Auto: 1,59 Personen]) [ecoinvent 1.2, 2005].	95
Abbildung 24:	Wirkungen der Benutzung verschiedener Personenverkehrsmittel auf die menschliche Gesundheit und die Qualität der Ökosysteme (durchschnittliche Technologie und durchschnittlicher Besetzungsgrad [Auto: 1,59 Personen]) [ecoinvent 1.2, 2005].	96
Abbildung 25:	Ressourcenverbrauch und Wirkung auf die Klimaänderung, die auf die Benutzung verschiedener Personenverkehrsmittel zurückzuführen sind (durchschnittliche Technologie und durchschnittlicher Besetzungsgrad [Auto: 1,59 Personen]) [ecoinvent 1.2, 2005].	97



### 3 Tabellen

Tabelle 1: Zuteilung von Verkehr, elektrischen Haushaltgeräten und Heizung zu den fünf Konsumbereichen.	15
Tabelle 2: Wirkungen der Lebenszyklusphasen verschiedener Produkttypen (passiv / aktiv / mobil) und Schlüsselparameter für ihre Umweltpformance.	23
Tabelle 3: Übersichtstabelle: Umweltwirkungen nach Bereich und nach Lebenszyklusphase.	25
Tabelle 4: Überblick über die Schlüsselentscheide und Schlüsselakteure im Hinblick auf einen umweltverträglicheren Konsum. Die einzelnen Schlüsselentscheide werden der Phase zugeordnet, in der sie getroffen werden (Herstellung – Erwerb – Gebrauch – Entsorgung).	27
Tabelle 5: Umwelt-Entscheidungsmatrix für den Konsumbereich «Wohnen».	32
Tabelle 6: Szenarien für ein umweltverträglicheres Wohnverhalten	33
Tabelle 7: Vergleich der Gebäudestandards für Einfamilienhäuser in der Schweiz (nach MINERGIE [2005] und SIA [2001]).	35
Tabelle 8: Umwelt-Entscheidungsmatrix für den Konsumbereich «private Mobilität».	40
Tabelle 9: Ansätze zur Optimierung der Ökobilanz von Konsumgütern.	45
Tabelle 10: Umwelt-Entscheidungsmatrix für den Konsumbereich «Konsumgüter und Dienstleistungen».	46
Tabelle 11: Umwelt-Entscheidungsmatrix für den Konsumbereich «Ernährung».	60
Tabelle 12: Vergleich von 13 Szenarien für ein umweltbewusstes Konsumverhalten mit der jeweiligen Ausgangssituation aus finanzieller, energetischer und ökologischer Sicht (Werte pro Person und Jahr). Jede Zeile entspricht einem Vergleich.	63
Tabelle 13: Anteil der Umweltwirkungen in verschiedenen Umweltbereichen an der Gesamtbelastung der Schweiz in Umweltbelastungspunkten [Braunschweig, 1997].	75
Tabelle 14: Schweizerischer Stromverbrauchsmix einschliesslich Importe und Exporte von Elektrizität (nach Berechnungen von Egli [2004] basierend auf ecoinvent [Bericht Nr. 6 – Teil XVI, 2004]).	76
Tabelle 15: Ergebnisse verschiedener Studien zu Umwelteinwirkungen des Konsums: typische Werte für verschiedene Kategorien von Umweltwirkungen und für Emissionen bestimmter gesundheitsschädigender Schadstoffe.	79
Tabelle 16: Jährliche Kosten, Energieverbrauch und Umweltbelastungspunkte in der Schweiz pro Person und Jahr.	82
Tabelle 17: Energieverbrauch, Emissionen und Umweltwirkungen des Bereichs Wohnen in der Schweiz pro Person und Jahr (Berechnung der Umweltwirkungen anhand der Datenbank ecoinvent 1.2).	83
Tabelle 18: Energieverbrauch, Emissionen und Umweltwirkungen des Bereichs Wohnen in der Schweiz pro Quadratmeter und Jahr (Berechnung der Umweltwirkungen anhand der Datenbank ecoinvent 1.2).	84
Tabelle 19: Eigenschaften des MINERGIE-Hauses (zwei Familien, acht Personen) und Grenzwerte gemäss SIA-Norm 380/1 für einen Einfamilienhaus-Neubau. Die	

	Zielwerte entsprechen 60 Prozent der Grenzwerte (Berechnungen gemäss SIA [2001], Jolliet [2003] und MINERGIE [2005]).	85
Tabelle 20:	Beispielhafter Vergleich der Kosten eines 2003 im Kanton Waadt erbauten MINERGIE-Hauses und derjenigen eines (fiktiven) vergleichbaren Hauses, das der Norm SIA 380/1 entspricht (Hypothese: zwei Familien, acht Personen).	89
Tabelle 21:	Durchschnittlich zurückgelegte Distanz pro Person und Jahr in der Schweiz [ARE/BFS, 2002].	90
Tabelle 22:	Umweltwirkung der durchschnittlichen Verkehrsleistung einer Person in der Schweiz nach Verkehrsmittel (durchschnittliche Technologie und durchschnittlicher Besetzungsgrad [Auto: 1,59 Personen]; Berechnung der Umweltwirkungen mit Hilfe der Datenbank ecoinvent 1.2; statistische Angaben zur Mobilität basierend auf ARE/BFS [2002]).	92
Tabelle 23:	Umweltwirkung der durchschnittlichen Verkehrsleistung einer Person in der Schweiz nach Verkehrsmittel, ohne Dienstfahrten (Berechnung der Umweltwirkungen mit Hilfe der Datenbank ecoinvent 1.2; statistische Angaben zur Mobilität basierend auf [ARE/BFS, 2002]).	93
Tabelle 24:	Umweltwirkung der verschiedenen Verkehrsmittel pro zurückgelegtem Personenkilometer in der Schweiz (durchschnittliche Technologie und durchschnittlicher Besetzungsgrad [Auto: 1,59 Personen]; Berechnung der Umweltwirkungen mit Hilfe der Datenbank ecoinvent 1.2).	94
Tabelle 25:	Eigenschaften der Geräte sowie den Szenarien zu Grunde liegende Hypothesen.	98

## 4 Literaturverzeichnis

- ANTILLE G., GUILLET S., 1997: *Tableaux entrées-sorties 1990 pour la Suisse*. Version révisée. Mandat de l'Office fédéral de la statistique, Université de Genève, 31 S.
- ARE/BFS siehe BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG
- BACCINI P., BADER H.-P., 1996: *Regionaler Stoffhaushalt, Erfassung, Bewertung und Steuerung*. Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg, Berlin, Oxford.
- BAUMGARTNER A., SIGG R. ET AL., 2004: *Energie-Monitoring Gebäude und Gebäude-Energiepass – Vorstudie*. BFE, Bern, 111 S.
- BIOINTELLIGENCE SERVICES, 2003: *Study on external environmental effects related to the life cycle of products and services*. European commission, DG Environment, final report, 163 S. + Anhänge.
- BRAUNSCHWEIG A., BÄR P., RENTSCH C., SCHMID L., WÜEST G., 1998: *Methode der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren 1997. Methode für die Gewichtung in Ökobilanzen*. BUWAL, Bern, 107 S.
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE (BFE), 2004: *Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2003*. BFE, Bern.
- BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG (ARE) UND BUNDESAMT FÜR STATISTIK (BFS), 2002a: *Mobilität in der Schweiz – Ergebnisse des Mikrozensus 2000 zum Verkehrsverhalten. Kurzfassung*. ARE/BFS, Bern/Neuchâtel, 18 S.
- BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG (ARE) UND BUNDESAMT FÜR STATISTIK (BFS), 2002b: *Mobilität in der Schweiz – Ergebnisse des Mikrozensus 2000. Schlussbericht*. ARE/BFS, Bern/Neuchâtel, 96 S.
- BUNDESAMT FÜR RAUMENTWICKLUNG (ARE) UND BUNDESAMT FÜR STATISTIK (BFS), 2002c: *Mikrozensus Verkehrsverhalten, Hintergrundbericht zu «Mobilität in der Schweiz»*. ARE/BFS, Bern/Neuchâtel 213 S.
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK (BFS), 2003: *Einkommens- und Verbrauchserhebung (EVE): Einkommen und Ausgaben der Haushalte im Jahr 2002*. Detaillierte Auswertungen in digitaler Form. BFS, Bern/Neuchâtel.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT (BAFU) [BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT BUWAL], 2005: *Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1999–2003 – National Inventory Report*. BUWAL, Bern, 208 S.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT (BAFU) [BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT, BUWAL], 1999: *Der Wasserverbrauch im Schweizer Haus – Messbericht über den Wasserkonsum und Abschätzung des Sparpotentials*. Umwelt-Materialien Nr. 114, BUWAL, Bern, 34 S.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT (BAFU) [BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT BUWAL], 1995: *Vom Menschen verursachte Luftschadstoff-Emissionen in der Schweiz von 1900 bis 2010*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 256, BUWAL, Bern, 121 S.
- CARLSSON-KANYAMA, A., EKSTROM, M.P., SHANAHAN, H., 2003: *Food and life cycle energy inputs: consequences of diet and ways to increase efficiency*. Ecological Economics 44 (2–3), 293–307.
- CERIN SÀRL, 2004: *LaRevue Durable*. No. 13.
- CORBIÈRE-NICOLLIER T., 2005: *Integrated sustainability assessment for local projects: Environmental impacts and their conncections with economic and social field*. Thèse n°3180, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

- CRETTAZ P., 2001: *From toxic releases to damages on human health: a method for life cycle impact assessment, with a case study on domestic rainwater use*. Thèse, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- DETLI R., GSPONER G, KAUFMANN Y., 2004: *Erklärung der kantonalen Unterschiede von Energiekennzahlen bei Neubauten*. BFE, Bern, 149 S.
- DÜRR H.-P., 1999: *The 1,5 kilowatt society*. Conférence Internationale Energie Solaire et Bâtiment, EPFL, Lausanne, septembre 1999.
- DYLLICK, T. ET AL. (1994): *Ökologischer Wandel in Schweizer Branchen*. Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, 399 S.
- ECOINVENT, 2005: *Database 1.2*. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Schweiz.
- ECOINVENT, 2004: *ecoinvent reports*. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Suisse.
- ECOSPEED SA, 2004: *ECO<sub>2</sub>-Privat*. Internetbasierte Datenbank und Berechnungstool. Ecospeed SA, Zürich.  
<http://www.ecospeed.ch/ie/f/privat.html> (konsultiert am 30.07.2004).
- EGLI N., 2004: Persönliche Mitteilung betreffend den schweizerischen Stromverbrauchsmix.
- FAIST M., 2000: *Ressourceneffizienz in der Aktivität Ernähren: Akteurbezogene Stoffflussanalyse*. Dissertation Nr. 13884. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich.
- FAIST EMMENEGGER M., FRISCHKENCHT R. ET AL., 2003: *Métabolisme des activités économiques du canton de Genève – Phase 1*. Rapport final, Uster, 2003, 47 S. & Anhänge.
- FRAEFEL R., HADORN J.-C., CORNU CH., 1998: *La maison Minergie – Guide de conception*. Conférence romande des délégués à l'énergie, Baudirektion Kanton Zürich, 15 S.
- GANTNER U., JAKOB M., HIRSCHBERG S., 2001: *Perspektiven der zukünftigen Energieversorgung in der Schweiz unter Berücksichtigung von nachfrageorientierten Massnahmen – ökologische und ökonomische Betrachtungen*. Paul Scherrer Institut (PSI), Villingen, 51 S.
- GOEDKOOP M., VAN HALEN C., TE RIELE H., ROMMENS P., 1999: *Product Service systems, Ecological and Economic Basics*. Ministère de VROM et EZ.
- GREENPEACE SCHWEIZ, TOURING-CLUB SCHWEIZ (TCS), 1992: *Persönliche Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz, Ein Fragebogen zur Bestimmung des privaten Energieverbrauchs und CO<sub>2</sub>-Austosses, Berechnungsgrundlagen und Kommentar zum Fragebogen*. Aktion Klimaschutz, Zürich.
- GUINÉE J. B., GORRÉE M., HEIJUNGS R., HUPPES G., KLEIJN R., VAN OERS L., WEGENER SLEESWIJK A., SUH S., UDO DE HAES H. A., DE BRUIJN H., VAN DUIN R. AND HUIJBREGTS M. A. J., 2001: *Life Cycle Assessment: An operational guide to the ISO standards*. Centre of Environmental Science, Leiden.
- HAMMER S., MENEGALE S., ITEN R. , SAMMER K., WÜSTENHAGEN R., 2005: *Evaluation der energieEtikette für Haushaltgeräte und Lampen*. INFRAS und Institut für Wirtschaft und Ökologie (Universität St. Gallen) im Auftrage des Bundesamtes für Energie, Schweiz.
- HERTWICH E., 2005: *Life Cycle Approaches to Sustainable Consumption: A Critical Review*. Environmental Science & Technology, vol. 39, No. 13: 4673–4684.

- HERTWICH E., BRICENO T., HOFSTETTER P., INABA A. (EDS.), 2005: *Proceedings: Sustainable Consumption: The Contribution of Research*, Workshop, 10–12 February 2005, Gabels Hus, Oslo, Report 1/2005 Industrial Ecology Programme, NTNU.
- HERTWICH E., KATZMAYR M., 2004: *Examples of sustainable consumption: Review, Classification and Analysis*. Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Industrial Ecology Programme (IndEcol), Report no. 5/2004.
- HOFER P., AEHLEN R. (PROGNOS SA), 2002: *Die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs serienmässig hergestellter Elektrogeräte in der Schweiz unter Status-quo-Bedingungen und bei Nutzung der sparsamsten Elektrogeräte bis 2010 mit Ausblick auf das Jahr 2020*. BFE, Bern.
- JAKOB M., JOCHEM E., CHRISTEN K., 2002: *Grenzkosten bei forcierten Energie-Effizienzmassnahmen in Wohngebäuden*. Centre for Energy Policy and Economics (CEPE), Architektur und Baurealisation, ETH Zürich, im Auftrag des Bundesamtes für Energie.
- JOLLIET F., 2003: Persönliche Mitteilung betreffend die unterschiedlichen Baukosten eines MINERGIE-Hauses und eines herkömmlichen Hauses.
- JOLLIET O., SAADE M., CRETAAZ, P., 2005: *Analyse du cycle de vie: comprendre et réaliser un écobilan*. Presses Polytechniques Universitaires Romandes.
- JOLLIET, O., MARGNI, M., CHARLES, R., HUMBERT, S., PAYET, J., REBITZER, G., ROSENBAUM, R., 2004: *Characterization Factors for IMPACT 2002+ – Version 1.1*. Swiss Federal Institute of Technology Lausanne. Verfügbar auf dem Internet unter: <http://www.epfl.ch/impact> (konsultiert am 20.02.04)
- JOLLIET O., MARGNI M., CHARLES R., HUMBERT S., PAYET J., REBITZER G., ROSENBAUM R., 2003: *IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology*. International Journal of LCA 8 (6): 324–330.
- JOLLIET O., 2002: *Ökobilanz von Trinkwasserversorgung und Regenwassernutzung : Schlussbericht zum Projekt «Cycleaupe»*. Umwelt-Materialien Nr.147, BUWAL, Bern, 76 S.
- JUNGBLUTH N., FAIST EMMENEGGER M., FRISCHKNECHT R., 2004a: *Gesamtpotential für die Reduktion von Umweltbelastungen im Bereich Ernährung und Wohnen*. Bericht im Auftrage des WWF Schweiz, ESU-Services, Uster, 33 S.
- JUNGBLUTH, N., FAIST EMMENEGGER M. 2004b: *VerbraucherInnen können viel zur Entlastung der Umwelt beitragen / Les consommatrices et consommateurs peuvent énormément contribuer au déchargement de l'environnement / I consumatori possono contribuire molto alla protezione dell'ambiente*. Ernährungs-Info-Nutrition/Nutrizione, Vol. 2004 (2): 4ff.
- KAUFMANN Y., MEIER R., OTT W., 2000: *Luftverkehr – eine wachsende Herausforderung für die Umwelt, Fakten und Trends für die Schweiz*. Materialienband M25, Verkehr und Umwelt, Wechselwirkungen Schweiz-Europa, Nationales Forschungsprogramm NFP41.
- LENEL S., GEMPERLE S. ET AL., 2004: *Praxistest MINERGIE – Erfahrungen aus Planung, Realisierung und Nutzung von MINERGIE-Bauten*. Schlussbericht. Konferenz Kantonalen Energiefachstellen, 230 S.
- LOERINCIK Y, KAENZIG J., JOLLIET O., 2005 : *Life Cycle Approaches for Sustainable Consumption, International Journal of Life Cycle Assessment*. vol. 10, n° 3, 2005, pp. 228 – 229.

- MINERGIE, 2005: *Reglement zur Nutzung der Qualitätsmarke MINERGIE*. Verein MINERGIE, Januar 2005.
- MÜLLER-WENK R., 2002: *Zurechnung von lärmbedingten Gesundheitsschäden auf den Strassenverkehr*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 339, BUWAL, Bern.
- NAMUR/VITO, 2003: *Identifying Key Products for the Federal Product – Environment Policy*. Final report, Federal Services of Environment, Department on Product Policy.
- NICOLLIER T., 2000: *Présentation d'un outil permettant d'évaluer la dépense énergétique de divers choix quotidiens et du concept d'esclave énergétique*. Lausanne: Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 19 S. + Anhänge.
- NIPKOW J. (S.A.F.E.), 2004: *Zukunft der Energieverwendung im Gebäude: Chancen der Elektrizitätseffizienz*. Präsentation am Workshop Energieperspektiven 2035/2050: Zukunft der Energienutzung und Energieeffizienz im Gebäudebereich, Bern.
- NOVATLANTIS, 2002: *Steps towards a 2000 Watt-Society*. ETH, EAWAG, PSI, Schlussbericht.
- PENNINGTON, D. W., MARGNI, M., AMMAN, C. AND JOLLIET, O., 2005: *Multimedia Fate and Human Intake Modeling: Spatial versus Non-Spatial Insights for Chemical Emissions in Western Europe*. Environmental Science & Technology, 39 (4): 1119–1128.
- PEUPORTIER B., 2003: *Eco-conception des bâtiment; bâtir en préservant l'environnement*. Presses de l'Ecole des Mines de Paris, 282 S.
- QUALITY ALLIANCE ECO-DRIVE (QAED), 2004: *Evaluationen von Eco-Drive-Ausbildungen im Überblick*. Zürich, 52 S.
- ROHT CH., STEINER A., 1999: *Auf den Spuren der grauen Energie – Ihr Alltag unter der Lupe*. Stiftung für Abfallminderung (SIGA/ASS).
- S.A.F.E. (SCHWEIZERISCHE AGENTUR FÜR ENERGIEEFFIZIENZ), 2001: *Ökostrom – Analyse und Bewertung von Labels und Produkten auf dem Schweizer Markt*. [online]. Zürich: S.A.F.E. Schweizerische Agentur für Energieeffizienz, verfügbar auf dem Internet unter: <http://www.topten.ch/ratgeber/oekostrom.pdf> (konsultiert am 30.07.2004).
- SCHMIDT-PLESCHKA R., DICKHUT H., 2005: *Leitsysteme für nachhaltige Produkte im Einzelhandel – Verkaufsfördernde Verbraucherkommunikation am Point of Sale*. Die Verbraucher Initiative e.V., Berlin.
- SIA (SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- UND ARCHITEKTENVEREIN), 2001: *Thermische Energie im Hochbau*. Norm 380/1, SIA, Zürich.
- SIA (SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- UND ARCHITEKTENVEREIN), 1999: *Wärme und Feuchteschutz im Hochbau*. Norm 180. SIA, Zürich.
- TOPTEST GMBH, 2004/2005: *topten.ch*. Internetbasierte Datenbank und Informationstool. TopTest GmbH, Zürich.
- TOURING-CLUB SCHWEIZ (TCS), 2004: *Kilometerkosten 2004*. <http://www.tcs.ch> (konsultiert am 11.10.2004)
- VOET VAN DER E., OERS VAN L., MOLL S., SCHÜTZ H., BRINGEZU S., BRUYN DE S., SEVENSTER M., WARRINGA G., 2005: *Policy Review on Decoupling: Development of indicators to assess decoupling of economic development and environmental pressure in the EU-25 and AC-3 countries*. Institute of Environmental Sciences (Leiden University); Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy; CE Solutions for Environment, Economy and Technology; commissioned by European Commission, DG Environment.

- WACKERNAGEL M., WHITE S., MORAN D., 2004: *Using Ecological Footprint accounts: from analysis to applications*. International Journal of Environment and Sustainable Development, vol. 3, N° 3/4: 293–315.
- WACKERNAGEL, M., REES W., 1996: *Our Ecological Footprint : Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Philadelphia, 160 S.
- WEIDEMA B., NIELSEN A.-M. , CHRISTIANSEN K., NORRIS G., NOTTEN P., SUH S., MADSEN J., 2005: *Prioritisation within the Integrated Product Policy*. Danish Ministry of the Environment.
- WILTING H.-C., 2002: *The Effects of Dutch Production and Consumption on the Environment in the Netherlands and Abroad*. Fourteenth International Conference on Input-Output Techniques, 10–15 Octobre, 2002, Montreal, Canada.

#### **Wichtige Internet-Adressen**

<http://www.umwelt-schweiz.ch/>  
<http://www.bfs.admin.ch>  
<http://www.energie-schweiz.ch/>  
<http://www.topten.ch>  
<http://www.energieetikette.ch>  
<http://www.ecospeed.ch>  
<http://www.bau-schlau.ch>  
<http://www.strompreise.preisueberwacher.ch>

## 5 Glossar / Definitionen

### **Aquatische Ökotoxizität:**

Der Ausstoss toxischer Substanzen in die Umwelt (Luft, Wasser, Boden) beeinträchtigt die Gesundheit und das Gleichgewicht der aquatischen Ökosysteme. Die Einheit zur Messung des Beitrags einer bestimmten Substanz zur aquatischen Ökotoxizität variiert je nach Methode: kg 1,4-Dichlorbenzol-, Zink-, Blei-Äquivalente usw. Die Methode zur Beurteilung dieser Wirkungskategorie ist noch nicht standardisiert.

### **CORINAIR (CORE Inventory of AIR emissions):**

CORINAIR ist ein Projekt, das vom European Topic Centre on Air Emissions und der Europäischen Umweltagentur (EUA) durchgeführt wird. Sein Ziel ist, Informationen zu Emissionen in die Luft mittels eines europäischen Luftemissionsinventar- und datenbanksystems zu sammeln, zu unterhalten und zu veröffentlichen.

### **DALY (Disability Adjusted Life Years):**

DALY ist ein Indikator für die Zeit, in der ein Mensch mit einer Krankheit oder einer Beeinträchtigung lebt, und für die infolge vorzeitigen Todes verlorenen Lebensjahre oder die behinderungs- bzw. krankheitsgewichteten Lebensjahre.

### **Endenergie:**

Dieser Begriff bezeichnet die in einem gebrauchsfertigen Energieträger enthaltene Energie. Es handelt sich dabei um die Nutzenergie zuzüglich Verluste. Die Endenergie ist die Energie, die letztlich an den Endverbraucher geliefert wird, zum Beispiel der elektrische Strom beim Eintritt in ein Gebäude (Zähler), der von der Konsumentin oder vom Konsumenten bezahlt wird.

### **«Energiesklave» [DÜRR, 1999]:**

Diese Masseinheit wurde von Professor Hans-Peter Dürr geschaffen, um das breite Publikum für Energiefragen zu sensibilisieren. So arbeitet ein Energiesklave täglich 12 Stunden pausenlos, das ganze Jahr hindurch, um Energie zu produzieren. Er erbringt dabei eine Leistung von 100 W (d. h. 875 kWh/Jahr bzw. 3150 MJ/Jahr).

### **Erweiterte Input-Output-Analyse:**

Bei der Input-Output-Analyse werden rein ökonomische, die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung betreffende Daten mit Umweltdaten kombiniert.

Eine Input-Output-Tabelle stellt den Austausch von Waren und Dienstleistungen innerhalb einer Volkswirtschaft monetär dar. Sie umfasst vier Quadranten: Beim ersten handelt es sich um die Matrix des Handels unter Industrien, das heisst der Lieferungen von Fertig- und Halbfertigprodukten an andere Produktionssektoren; der zweite Quadrant betrifft die Lieferungen von Fertigprodukten an die Konsumentinnen und Konsumenten (Endverbrauch); der dritte umschreibt die weiteren Betriebsmittel der Produktionssektoren (Mehrwert – vorwiegend Arbeit – und Importe), während der vierte die Betriebsmittel für die Konsumenten enthält (an die Haushalte gelieferte Arbeit). Eine Input-Output-Tabelle erläutert demzufolge für jeden Sektor die Zusammenhänge zwischen Produktionsstruktur, an die Konsumentinnen und Konsumenten ausgelieferten Warenmengen, Importen und Exporten sowie Vermögensbildung (Mehrwert). Zusätzlich zu diesen rein ökonomischen Aspekten kommen die Umweltdaten ins Spiel, das



heisst die Emissionsfaktoren pro Sektor (zum Beispiel der CO<sub>2</sub>-Ausstoss gemessen am Geldwert der Gesamtproduktion).

Mit dieser Art von Analyse lassen sich die durchschnittlichen Emissionen und Entnahmen eines Wirtschaftssektors ermitteln. Allerdings decken die Ergebnisse nicht den gesamten Lebenszyklus ab, da lediglich die Lieferantenkette und die Produktionsphase berücksichtigt werden.

**Eutrophierung:**

Der Eintrag von Nährstoffen ins Wasser, insbesondere in Form von Stickstoff- und Phosphatverbindungen, begünstigt das Algenwachstum. Dies kann zum Absterben der Wasserfauna und -flora im betroffenen aquatischen Lebensraum führen. Die Eutrophierung (oder Überdüngung) wird in kg Phosphat-Äquivalenten (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) gemessen.

**Fotochemische Oxidantenbildung:**

Die Belastung durch fotochemische Oxidanten geht hauptsächlich aus chemischen Reaktionen zwischen Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) unter dem Einfluss von Sonnenlicht hervor. Auch Methan (CH<sub>4</sub>) und Ozon (O<sub>3</sub>) spielen in dieser Wirkungskategorie eine Rolle. Diese Art von Belastung äussert sich durch erhöhte Konzentration von Ozon und anderen chemischen Stoffen, die auf Menschen, Tiere und Pflanzen toxisch wirken. Das Potenzial fotochemischer Oxidantenbildung wird in der Regel in kg Äthylen-Äquivalenten (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) gemessen.

**Gesamte Konsumausgaben:**

Gemäss Einkommens- und Verbrauchserhebung bezüglich Haushaltsausgaben in der Schweiz im Jahre 2002 beliefen sich die gesamten Konsumausgaben pro Person und Jahr auf 39 000 Franken (Bundesamt für Statistik, 2003). Diese Ausgaben umfassen sämtliche im Verlaufe eines Jahres konsumierten Produkte und Dienstleistungen: Nahrungsmittel und alkoholfreie Getränke, alkoholische Getränke und Tabakwaren, Bekleidung und Schuhe, Wohnen und Energie, Möbel, Wohnungseinrichtung und laufende Haushaltsführung, Gesundheitspflege, Verkehr, Nachrichtenübermittlung, Unterhaltung, Erholung und Kultur, Schul- und Ausbildungsgebühren, Gast- und Beherbergungsstätten, sonstige Waren und Dienstleistungen, Versicherungen, Beiträge, Spenden und sonstige Übertragungen sowie Steuern und Gebühren.

**Graue Energie:**

Dies ist die für die Herstellung eines Produkts (direkt und/oder indirekt) verbrauchte, am Produktionsort gemessene Energiemenge. Im Falle einer Dienstleistung wird sie an dem Ort gemessen, wo die Leistung erbracht wird.

**Klimaänderung (Wirkungskategorie):**

siehe Anhang A1

**Menschliche Gesundheit (Wirkungskategorie):**

siehe Anhang A1

**Nicht erneuerbare Primärenergie:**

Unter nicht erneuerbarer Primärenergie wird der aus fossiler Energie bestehende Anteil der Primärenergie verstanden (Kohle, Uran, Erdöl, Erdgas usw.).

**Nutzenergie:**

Die Nutzenergie ist die durch den Energieträger (Kohle, Erdöl, Uran usw.) beim Verbrauch verfügbar gemachte Energie, also die an die Konsumentinnen und Konsumenten gelieferte Energie (Endenergie) abzüglich der Verluste. Diese Energie entspricht der erbrachten Dienstleistung und steht in Zusammenhang mit dem Ertrag wie beispielsweise die von einer Elektroheizung abgegebene Wärme.

**Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment, LCA):**

Die Ökobilanzierung ist eine Methode zur Beurteilung möglicher Wirkungen eines Systems auf die Umwelt. Sie umfasst sämtliche Tätigkeiten in Zusammenhang mit einem Produkt oder einer Dienstleistung von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Abfallentsorgung. Die international standardisierte Methode (ISO-Normen 14040 bis 14043) bezweckt die Bilanzierung des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen und Energie sowie der Emissionen in die Umwelt (Luft, Wasser, Boden) der untersuchten Produkte oder Dienstleistungen. Diese Stoff- und Energieflüsse werden anschliessend aggregiert zu Indikatoren für verschiedene Kategorien von Umwelteinwirkungen.

**Ökologische Knappheit (Wirkungskategorie):**

siehe Anhang A1

**Ökotoxizität:**

Diese Wirkungskategorie umfasst zwei Unterkategorien:

- die Wirkungen auf terrestrische Ökosysteme, welche die Bildung von Fotooxidanten, die terrestrische Ökotoxizität und die Versauerung betreffen,
- die Wirkungen auf aquatische Ökosysteme, welche die aquatische Ökotoxizität und die Eutrophierung betreffen.

**Primärenergie:**

Bei der Primärenergie handelt es sich um die gesamte Energiemenge, die für die Bereitstellung und Nutzung eines Produkts oder einer Dienstleistung benötigt wird. Sie umfasst die gesamte Endenergie (Energiegehalt des Energieträgers) und zusätzlich die bei der Gewinnung, bei der Raffinierung und beim Transport erforderliche Produktions- und Verteilenergie (einschliesslich Abbruch und Entsorgung der Infrastrukturen und Abfallbehandlung). Ein Beispiel dafür ist der Strom aus der Steckdose plus die zu seiner Produktion und Verteilung erforderliche Energie. Gemessen wird der Verbrauch an Primärenergie in Megajoule (MJ) oder Gigajoule (GJ). In der vorliegenden Studie werden sämtliche für die verschiedenen Aktivitäten erforderlichen Energiearten in Primärenergien ausgedrückt.

**Qualität der Ökosysteme (Wirkungskategorie):**

siehe Anhang 1

**Referenzeinheit:**

Die Referenzeinheit oder «Funktionseinheit» ist eine Grösse, die der Quantifizierung der Funktion eines bestimmten Systems dient. In diesem Bericht wird sie als durchschnittlicher Verbrauch einer Person in der Schweiz während eines Jahres definiert.

**Ressourcen (Wirkungskategorie):**

siehe Anhang A1

**Terrestrische Ökotoxizität:**

Der Ausstoss toxischer Substanzen in die Umwelt (Luft, Wasser, Boden) beeinträchtigt die Gesundheit und das Gleichgewicht der terrestrischen Ökosysteme. Die Einheit zur Messung des Beitrags einer bestimmten Substanz zur terrestrischen Ökotoxizität variiert je nach Methode: kg 1,4-Dichlorbenzol-, Zink-, Blei-Äquivalente usw. Die Methode zur Beurteilung dieser Wirkungskategorie ist noch nicht standardisiert.

**Treibhauseffekt:**

Der Treibhauseffekt bezeichnet eine Erhöhung der mittleren Temperatur der Atmosphäre. Ausgelöst wird diese durch den Anstieg der durchschnittlichen Konzentration verschiedener vom Menschen verursachter Stoffe oder «Treibhausgase» in der Atmosphäre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, FCKW usw.). Der «fossile Treibhauseffekt» ergibt sich aus dem Treibhauseffekt abzüglich der gesamten Treibhausgasemissionen an biogenem Kohlendioxid, das in der Biomasse gebunden ist. Demnach ist der «fossile Treibhauseffekt» auf die Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl usw.) zurückzuführen. Der für die Beurteilung möglicher Auswirkungen einer Substanz auf den Treibhauseffekt verwendete Indikator ist das «Treibhauspotenzial», das in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ausgedrückt wird.

**Umweltbelastungspunkte (UBP):**

siehe Anhang A1

**Versauerung:**

Die Zunahme saurer Substanzen in der unteren Atmosphäre ist die Ursache für sauren Regen und das Absterben gewisser Wald- und Süswasserökosysteme. Der Beitrag einer bestimmten Substanz zur Versauerung wird in der Regel in kg Schwefeldioxid-Äquivalenten (SO<sub>2</sub>) gemessen.

**Zerstörung der Ozonschicht:**

Die Zerstörung der Ozonschicht steht in Zusammenhang mit dem Ausstoss von Schadstoffen, die das Ozon in der Stratosphäre abbauen. Es sind dies FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoffe), Halone, Tetrachlorkohlenstoff, Trichlorethan, HFKW (teilweise halogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe), Methylbromid und Bromchlormethan. Diese Stoffe werden vom Menschen produziert und sind vor allem in den 1970er- und 1980er-Jahren in grossen Mengen in die Atmosphäre ausgestossen worden. Der Beitrag einer bestimmten Substanz zur Zerstörung der Ozonschicht wird in der Regel in kg R11-Äquivalenten (Trichlormonofluormethan) gemessen.