



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Energie BFE**

Bundesamt für Umwelt BAFU

November 2007

---

# **Indikatoren für den internationalen Vergleich des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen**

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern, Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen  
Postadresse: CH-3003 Bern  
Tel. +41 31 322 56 11; Fax +41 31 323 25 00

Bundesamt für Umwelt BAFU, 3003 Bern, CH-3063 Ittigen  
Postadresse: CH-3003 Bern  
Tel. +41 31 322 93 11; Fax +41 31 323 99 81

**Auftragnehmer:**

Roland Hohmann (Projektverantwortung), Stefanie Steiner (Projektbearbeitung),  
Patrick Koch (Projektbearbeitung)  
B,S,S. Volkswirtschaftliche Beratung AG, Steinenberg 5, CH-4051 Basel  
Tel: 061/262 05 55, Fax: 061/262 05 57, E-Mail: roland.hohmann@bss-basel.ch

**Begleitgruppe:**

Lukas Gutzwiller, Programmleiter Forschungsprogramm EWG, Bundesamt für Energie BFE  
Paul Filliger, Bundesamt für Umwelt BAFU  
Jean-Christophe Füeg, Bundesamt für Energie BFE

Bezugsort der Publikation: [www.ewg-bfe.ch](http://www.ewg-bfe.ch) und [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogramms "Energiewirtschaftliche Grundlagen" des Bundesamts für Energie BFE erstellt.

Für den Inhalt ist allein der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>3</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>4</b>
<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>5</b>
<b>Résumé.....</b>	<b>7</b>
<b>1. Einführung .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Indikatoren für den internationalen Vergleich der Sektoren .....</b>	<b>11</b>
2.1. Industrie .....	11
2.1.1. Strukturelle Besonderheiten des Industriesektors Schweiz.....	11
2.1.2. Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen des Industriesektors .....	13
2.1.3. Indikatoren zu Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen .....	15
2.1.4. Fallstudie: Chemische Industrie .....	20
2.1.5. Interpretation der Ergebnisse.....	23
2.2. Dienstleistungen .....	23
2.2.1. Strukturelle Besonderheiten des Dienstleistungssektors Schweiz ...	23
2.2.2. Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen des Dienstleistungssektors .....	25
2.2.3. Indikatoren zu Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen .....	27
2.2.4. Fallstudie: Energieverbrauch für Raumkühlung .....	33
2.2.5. Interpretation der Ergebnisse.....	36
2.3. Haushalte .....	36
2.3.1. Strukturelle Besonderheiten des Sektors Haushalte .....	36
2.3.2. Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen .....	37
2.3.3. Indikatoren zu Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen .....	38
2.3.4. Fallstudie: Energieeffizienz grosser elektrischer Geräte.....	43
2.3.5. Interpretation der Ergebnisse.....	45
2.4. Verkehr .....	46
2.4.1. Strukturelle Besonderheiten des Sektors Verkehr.....	46
2.4.2. Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen .....	48
2.4.3. Indikatoren zu Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen .....	50

2.4.4. Fallstudie: Energieverbrauch des MIV .....	52
2.4.5. Interpretation der Ergebnisse.....	54
<b>3. Reduktionsziele für die volkswirtschaftlichen Sektoren.....</b>	<b>56</b>
3.1. Festlegung von Zielen für volkswirtschaftliche Sektoren .....	57
3.2. Umsetzung eines 20%-Reduktionsziels.....	58
<b>Anhang.....</b>	<b>61</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>64</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energieverbrauch pro € Wertschöpfung im Industriesektor.....	18
Abbildung 2: CO <sub>2</sub> -Emissionen pro € Wertschöpfung im Industriesektor .....	19
Abbildung 3: CO <sub>2</sub> -Emissionen pro € Wertschöpfung im Industriesektor .....	19
Abbildung 4: Energieverbrauch der chemischen Industrie.....	21
Abbildung 5: Bedeutung der pharmazeutischen Industrie.....	22
Abbildung 6: Energieverbrauch pro Einheit Wertschöpfung im Dienstleistungssektor. ....	29
Abbildung 7: Energieverbrauch pro Beschäftigte im Dienstleistungssektor.....	29
Abbildung 8: Energieverbrauch pro Bürofläche im Dienstleistungssektor. ....	30
Abbildung 9: Elektrizitätsverbrauch pro Beschäftigtem im Dienstleistungssektor	31
Abbildung 10: CO <sub>2</sub> -Emissionen pro € Wertschöpfung im Dienstleistungssektor. 32	
Abbildung 11: CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Beschäftigtem im Dienstleistungssektor .....	32
Abbildung 12: Emissionen im Dienstleistungssektor pro Bürofläche.....	33
Abbildung 13: Relative Abweichung des Stromverbrauchs im Juli und April .....	34
Abbildung 14: Anstieg der Nachfrage nach Elektrizität durch Kühlung im Dienstleistungssektor und bei privaten Haushalten bis 2018.....	35
Abbildung 15: Gesamtenergieverbrauch der Haushalte im Jahr 2004 .....	40
Abbildung 16: Energieverbrauch für Heizung mit und ohne Klimakorrektur.....	41
Abbildung 17: Klimakorrigierter Heizenergieverbrauch pro Wohnfläche.....	42
Abbildung 18: Energieverbrauch für Licht und elektrische Geräte.....	42
Abbildung 19: Treibhausgasemissionen pro Kopf im Sektor Haushalte.....	43
Abbildung 20: Anteile der Verkäufe von elektrischen Geräten der Klasse A.....	44
Abbildung 21: Reiseweg pro Person im Jahr 2003.....	46
Abbildung 22:Relative Anteile der verschiedenen Verkehrsmittel an der täglichen Reisedistanzen 2003(Modalsplit).....	47
Abbildung 23: Personenwagen pro Person im Jahr 2004 .....	48
Abbildung 24: Energieverbrauch für den Personentransport auf der Strasse .....	51
Abbildung 25: Anteile von Diesel und Benzin am Treibstoffverbrauch für PW ..	53
Abbildung 26: CO <sub>2</sub> -Emissionen neuer PW pro Fahrstrecke im Jahre 2004.....	54

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bruttowertschöpfung verschiedener Branchen des Industriesektors der Schweiz .....	11
Tabelle 2: Bruttowertschöpfung verschiedener Branchen des Industriesektors der EU-15 .....	12
Tabelle 3: Anteil der Bruttowertschöpfung zu Herstellungspreisen an der Bruttowertschöpfung in der EU, in der Schweiz und in ausgewählten europäischen Ländern .....	12
Tabelle 4: Energieverbrauch des Industriesektors auf Branchenebene in der Schweiz .....	13
Tabelle 5: Treibhausgasemissionen verschiedener Industriebranchen der Schweiz .....	14
Tabelle 6: Die bedeutendsten Branchen des Dienstleistungssektors in der Schweiz .....	24
Tabelle 7: Die bedeutendsten Branchen des Dienstleistungssektors in der EU-15 .....	24
Tabelle 8: Anteil ausgewählter Dienstleistungsbranchen an der gesamten Bruttowertschöpfung zu Herstellungspreisen .....	25
Tabelle 9: Energieverbrauch der verschiedenen Dienstleistungsbranchen (insgesamt und aufgeteilt nach Energieträger) im Jahr 2004.....	26
Tabelle 10: CO <sub>2</sub> -Emissionen der verschiedenen Dienstleistungsbranchen (insgesamt und aufgeteilt nach Energieträger).....	27
Tabelle 11: Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen in der Schweiz und in der EU-15 Staaten .....	38
Tabelle 12: Energieverbrauch des Schienen-, Strassen-, Luft- und Wasserverkehrs 2004 in der Schweiz und in Europa.....	49
Tabelle 13: Treibhausgasemissionen des Schienen-, Strassen-, Luft- und Wasserverkehrs 2004 in der Schweiz und in Europa.....	50
Tabelle 14: Treibstoffverbrauch von PW im 2004.....	53
Tabelle 15: Berechnung der relativen Reduktionspotenziale für die Sektoren. ....	58
Tabelle 16: Berechnung der absoluten Reduktionsziele für die verschiedenen Sektoren bei einer nationalen Reduktionsverpflichtung von 20% ..	60

## **Zusammenfassung**

In der vorliegenden Studie werden der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen der volkswirtschaftlichen Sektoren Industrie, Dienstleistung, Haushalte und Verkehr in der Schweiz untersucht. Zunächst werden grob die strukturellen Besonderheiten der Sektoren im Vergleich zu den Ländern der EU-15 beschrieben. Anschliessend werden Indikatoren für den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen der Sektoren berechnet und mit den Werten in anderen Ländern verglichen. Dieser Vergleich liefert Hinweise auf ein allfälliges Verbesserungspotenzial beim Energieverbrauch und bei den Treibhausgasemissionen

Der Industriesektor weist im Vergleich zum Ausland und bezogen auf die Wertschöpfung (kaufkraftkorrigiert) gute Energieverbrauchs- und Treibhausgasemissionswerte auf. Dies ist auf die spezielle Struktur der Schweizer Industrie zurückzuführen, mit ihrem geringen Anteil der energieintensiven Branchen. Um differenzierte Aussagen zum Verbesserungspotenzial in diesem Sektor bezüglich Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen machen zu können, wäre ein detaillierte Untersuchungen der Branchen und der verfügbaren Technologien erforderlich

Der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen des Dienstleistungssektors in Bezug zur Bürofläche liegen in der Schweiz über dem Durchschnittswert der EU-15. Insbesondere der Vergleich mit den Werten der Nachbarländer Frankreich, Dänemark und Österreich verdeutlicht, dass in diesem Sektor ein beträchtliches Verbesserungspotenzial besteht.

Auch bei den privaten Haushalten besteht in der Schweiz erhebliches Verbesserungspotenzial. Der Heizenergieverbrauch pro Wohnfläche liegt im Vergleich zu ausgewählten europäischen Ländern im Mittelfeld. Die Werte der nördlichen Länder Finnland, Schweden, Dänemark und die Niederlande zeigen auf, welche wärmetechnischen Verbesserungen möglich sind.

Der Verkehr verursacht den grössten Teil der gesamten Treibhausgasemissionen der Schweiz. Dabei leistet der motorisierte Individualverkehr (MIV) den grössten Beitrag. Im Vergleich des Treibstoffverbrauchs der bestehenden Personenwagen und der Neuwagen schneidet die Schweiz im Vergleich mit anderen europäischen Ländern vor Schweden am zweitschlechtesten ab. Entsprechend gross ist das Reduktionspotenzial beim Energieverbrauch und den Treibhausgasemissionen durch den MIV.

Basierend auf der Gegenüberstellung der Indikatoren werden abschliessend – im Sinne eines Gedankenexperiments – Reduktionsziele für die Treibhausgasemissionen der volkswirtschaftlichen Sektoren formuliert. Dazu wird zunächst für jeden Sektor ein aussagekräftiger Indikator bestimmt:

Industrie: CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Wertschöpfung

Dienstleistung: Energieverbrauch pro Bürofläche

Haushalte: Heizenergie pro Wohnfläche

MIV: Emissionen neuer PW pro Kilometer

Anschliessend werden anhand des Vergleichs mit dem jeweils besten internationalen Indikatorwerts relative Reduktionspotenziale bestimmt.

Ein hypothetisches relatives Reduktionsziel von 20% verteilt sich ungefähr zu gleichen Teilen auf die Sektoren Dienstleistung, Haushalte und Verkehr. Im Industriesektor resultiert bei dieser Berechnungsart ein geringer Reduktionsbedarf, da die Schweiz bedingt durch die spezielle Branchenstruktur die besten Werte im internationalen Vergleich aufweist und den Referenzwert definiert. Um für die Industrie Reduktionsziele zu formulieren, sind branchenspezifische Analysen nötig, welche im Rahmen dieser Studie nicht durchgeführt werden konnten. Auch für die Sektoren Landwirtschaft und Abfall, für die Reduktionsziele basierend auf *ad hoc* Annahmen abgeschätzt werden, ist der absolute Reduktionsbedarf gering.

Der absolute Reduktionsbedarf ist bei den Haushalten und im Verkehr am grössten. Im Vergleich zu den Reduktionszielen des CO<sub>2</sub>-Gesetzes würde bei Anwendung sektorieller Ziele der Anteil des Verkehrs an der gesamten Reduktionsverpflichtung von heute 25% auf ungefähr 32% steigen. 68% der Reduktionsverpflichtung müssten die übrigen Sektoren leisten.

## Résumé

La présente étude porte sur la consommation d'énergie et sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) de l'industrie, du secteur des services, des ménages et des transports en Suisse. Elle décrit tout d'abord rapidement les spécificités structurelles de chacun de ces secteurs par rapport aux secteurs correspondants des pays de l'Europe des 15. Ensuite, des indicateurs de la consommation d'énergie et des émissions de GES sont calculés pour chaque secteur et comparés aux valeurs obtenues dans d'autres pays, ce qui permet de déceler un éventuel potentiel d'amélioration dans les deux domaines examinés.

Comparé à la situation à l'étranger, le secteur de l'industrie affiche une consommation d'énergie et des émissions de GES assez bonnes, par rapport à la valeur ajoutée (corrigée du pouvoir d'achat). Ce résultat est redevable à la structure particulière de l'industrie suisse, dont la part de branches grandes consommatrices d'énergie est réduite. Pour être à même de tirer des conclusions différenciées quant au potentiel d'amélioration présent dans ce secteur en termes de consommation d'énergie et d'émissions de GES, il faudrait procéder à un examen détaillé des branches et des technologies disponibles.

En Suisse, la consommation d'énergie et les émissions de GES imputables au secteur des services, calculées par rapport aux surfaces de bureau, dépassent la moyenne de l'Europe des 15. En particulier, la comparaison avec les valeurs mesurées dans des pays proches – France, Danemark, Autriche – montre clairement que l'amélioration possible dans ce secteur est considérable.

La Suisse recèle aussi un fort potentiel d'amélioration au sein des ménages. En comparaison avec certains pays européens, sa consommation d'énergie de chauffage par rapport à la surface d'habitation se situe en milieu de tableau. Les valeurs présentées par la Finlande, la Suède, le Danemark – pays nordiques – et les Pays-Bas montrent quelles améliorations technologiques d'ordre thermique sont possibles.

En Suisse, les transports sont à l'origine de la majeure partie de toutes les émissions de GES, avec au premier rang le transport individuel motorisé (TIM). Si l'on compare la consommation de carburant de son parc automobile actuel et des véhicules neufs avec celle d'autres pays européens, la Suisse arrive en avant-dernière position devant la Suède. Le potentiel de réduction de la consommation d'énergie et des émissions de GES est particulièrement important dans le domaine des TIM.

En s'appuyant sur la comparaison des indicateurs, des objectifs de réduction des émissions de GES sont formulés pour les secteurs économiques, à titre d'expérience de pensée. Pour cela, il faut commencer par déterminer un indicateur significatif pour chaque secteur:

Industrie: émissions de CO<sub>2</sub> par rapport à la valeur ajoutée

Services: consommation d'énergie par rapport à la surface de bureau

Ménages: énergie de chauffage par rapport à la surface d'habitation

TIM: émissions du parc de véhicules de tourisme récent au kilomètre

Ensuite, en comparant les valeurs relevées avec le meilleur résultat obtenu au niveau international, on détermine des potentiels de réduction relatifs.

Un objectif relatif et hypothétique prévoyant une réduction de 20% se répartit grosso modo à parts égales sur les secteurs des services, des ménages et des transports. Dans l'industrie, ce mode de calcul se traduit par un impératif de réduction moindre puisque la Suisse, grâce à la répartition particulière de ses branches, présente les meilleures valeurs en comparaison internationale et qu'elle fournit elle-même la valeur de référence. La formulation d'objectifs de réduction applicables à l'industrie requiert des analyses spécifiques pour chaque branche, qui ne pouvaient pas être réalisées dans le cadre de la présente étude. Dans les secteurs de l'agriculture et des déchets, où les objectifs de réduction sont évalués en s'appuyant sur des hypothèses *ad hoc*, le taux de réduction absolu à atteindre est également très faible.

C'est dans les secteurs des ménages et des transports que le taux de réduction absolu à atteindre est le plus élevé. Comparé aux objectifs de réduction fixés par la loi sur le CO<sub>2</sub>, l'utilisation d'objectifs sectoriels ferait grimper à quelque 32% la part que les transports devraient assumer dans l'obligation globale de réduction, au lieu des 25% actuels. Les autres secteurs auraient à réaliser 68% de l'obligation de réduction.

## 1. Einführung

Auf internationaler Ebene laufen die Verhandlungen über die Fortsetzung des Klimaschutzes nach der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls. Unter dem Dach der Klimarahmenkonvention werden verschiedene Möglichkeiten erörtert, wie die Klimapolitik unter Einbindung möglichst vieler Länder und unter Berücksichtigung möglichst vieler Instrumente vorangebracht werden kann. Gleichzeitig wird in einer *ad hoc* Arbeitsgruppe über künftige Verpflichtungen der Annex B Länder des Kyoto-Protokolls verhandelt.

Bisher wurde eine Vielzahl von Vorschlägen in die Verhandlungen über die Fortsetzung der internationalen Klimapolitik eingebracht<sup>1</sup>. Ein viel versprechender Ansatz ist der so genannte *Multi Sector Convergence* (MSC) Ansatz. Bei diesem Ansatz wird das Prinzip der Konvergenz der Pro-Kopf Emissionen auf die Sektoren Energie, Industrie, Transport, Haushalte, Dienstleistungen, Landwirtschaft und Abfall angewendet. Dadurch werden die strukturellen Unterschiede der Länder sowie die unterschiedlichen Reduktionspotenziale in einzelnen Sektoren berücksichtigt. Die Emissionen sollen in denjenigen Sektoren reduziert werden, in welchen dies kostengünstig möglich ist. Die sektoriellen Reduktionsziele werden pro Land aufaddiert. Verbindlich sind die Ziele pro Land und nicht pro Sektor.

In der vorliegenden Untersuchung werden der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen der Sektoren der Industrie, Dienstleistung, Haushalte und Verkehr im Jahr 2004 untersucht. Die Sektoren Landwirtschaft und Abfall werden nicht behandelt. Dazu werden zunächst die strukturellen Besonderheiten im Vergleich zu anderen europäischen Industrieländern qualitativ beschreiben. Anschliessend werden der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen unter Berücksichtigung der strukturellen Besonderheiten auf Sektor- und – wo möglich – auf Branchenebene mit Indikatoren erfasst und mit den entsprechenden Zahlen aus anderen Ländern verglichen. Fallstudien zu ausgewählten Branchen und Verbrauchern runden die Informationen ab. Abschliessend werden mögliche Reduktionsziele für die volkswirtschaftlichen Sektoren sowie eine konkrete Umsetzung eines 20%-Reduktionsziels bis 2020 diskutiert.

Für den internationalen Vergleich von Energieverbrauch, Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Emissionen gibt es zwei prominente Indikatorensysteme:

Das Indikatorensystem der *International Energy Agency* (IEA)<sup>2</sup> beschreibt den Energieverbrauch eines Sektors oder Subsektors unter Berücksichtigung der strukturelle Eigenheit und der Energieintensität. Die Umrechnung des Endenergie-

verbrauchs in CO<sub>2</sub>-Emissionen erfolgt durch Multiplikation mit dem Energiemix in den einzelnen Ländern. Die normierten Verbrauchs- und Emissionszahlen ermöglichen einen objektiven und übersichtlichen Vergleich zwischen den verschiedenen Ländern und können erste Anhaltspunkte für die Erklärung der Unterschiede liefern. Ausgewählte Energiekennzahlen aus dem IEA-Bericht sind in einem internen Bericht des BFE<sup>3</sup> zusammengefasst und mit den entsprechenden Werten für die Schweiz verglichen.

Das Odyssee-Indikatorensystem<sup>4</sup> enthält nebst den herkömmlichen Indikatoren auch aggregierte Kennzahlen, die den speziellen Gegebenheiten der verschiedenen Länder Rechnung tragen. Eine Untersuchung der EPFL<sup>5</sup> kommt zum Schluss, dass die Mehrheit der Daten zur Berechnung der Indikatoren in der Schweiz vorhanden sind, viele allerdings nicht in kompatibler Form.

Nebst diesen Studien wurde für die vorliegende Untersuchung hauptsächlich auf die Treibhausgasinventare der Schweiz<sup>6</sup> und der EU<sup>7</sup>, auf die Energiestatistik der Schweiz<sup>8</sup> sowie auf die Statistiken des BFS und von Eurostat<sup>9</sup> abgestützt. Es zeigt sich, dass die Werte in den verschiedenen Quellen sehr unterschiedlich sind. Beispielsweise wird der Energieverbrauch des Dienstleistungssektors 2004 in der Gesamtenergiestatistik des BFE mit 146'550 TJ und in der Statistik der OECD mit 158'139 TJ ausgewiesen. Die Abweichung veranschaulicht die Grenzen des Vergleichs von Indikatoren, die auf unterschiedlichen Datengrundlagen beruhen.

## 2. Indikatoren für den internationalen Vergleich der Sektoren

### 2.1. Industrie

#### 2.1.1. Strukturelle Besonderheiten des Industriesektors Schweiz

##### *Qualitative Beschreibung*

Die strukturellen Besonderheiten der Schweiz können unterschiedliche Emissionssintensitäten erklären. Strukturelle Besonderheiten wurden mit einem makroökonomischen Ansatz gesucht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass spezifische Besonderheiten zunächst nicht zu erkennen sind. Detaillierte Informationen zur Produktionsstruktur sind nur mit einem *bottom-up* (technologischen) Ansatz ersichtlich. Diese Arbeiten sind im Rahmen des Projektes nur für ausgewählte Fallstudien vorgesehen (vgl.2.1.4. ).

Der Industriesektor zählt einen Viertel aller marktwirtschaftlichen Unternehmen in der Schweiz. Im Jahr 2004 betrug die Wertschöpfung des Sektors 117.9 Mrd. CHF.<sup>10</sup> Das Bundesamt für Statistik (BFS) unterscheidet bei der Berechnung der Bruttowertschöpfung insgesamt 23 Branchen im Industriesektor.<sup>i</sup> Die fünf wirtschaftlich bedeutendsten Industriebranchen sind in Tabelle 1 aufgelistet.

*Tabelle 1: Bruttowertschöpfung verschiedener Branchen des Industriesektors der Schweiz.<sup>10</sup>*

Branche	Bruttowertschöpfung [Mrd. CHF]
Baugewerbe	24.3
Chemische Industrie, Mineralölverarbeitung	15.3
Maschinenbau	11.9
Herst. von Med. und optischen Geräten, Uhren	11.2
Energie- und Wasserversorgung	9.6

<sup>i</sup> Branchen des Industriesektors: 10-14 Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, 15-16 Herst. von Nahrungs- und Genussmitteln, 17 Textilgewerbe, 18 Herstellung von Bekleidung und Pelzwaren, 19 Herstellung von Lederwaren und Schuhen, 20 Be- und Verarbeitung von Holz, 21 Papier- und Kartongewerbe, 22 Verlags- und Druckgewerbe, Vervielfältigung, 23-24 Chemische Industrie, Mineralölverarbeitung, 25 Herst. von Gummi- und Kunststoffwaren, 26 Herst. von sonst. Prod. aus nichtmet. Mineralien, 27 Erzeugung und Bearbeitung von Metall, 28 Herstellung von Metallerzeugnissen, 29 Maschinenbau, 30-31 Herst. von elektrischen und Informatik-Geräten, 32 Herst. von Radio-, Fernseh-, Nachrichtengeräten, 33 Herst. von med. und optischen Geräten; Uhren, 34 Fahrzeugbau, 35 Herstellung von sonstigen Fahrzeugen, 36 Herstellung von Möbeln, Schmuck, Spielwaren, 37 Recycling, 40-41 Energie- und Wasserversorgung, 45 Baugewerbe.

### *Vergleich Schweiz und Europäische Union*

Das Statistische Amt der Europäischen Union (Eurostat) veröffentlicht die Wertschöpfungsdaten nach insgesamt 31 Wirtschaftsbereichen, davon 18 im Industriesektor.<sup>9</sup> Die Wertschöpfung im Industriesektor der EU-15 Staaten betrug im Jahr 2004 insgesamt 2'303 Mrd. €. Die bedeutendsten Industriebranchen der EU-15 sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

*Tabelle 2: Bruttowertschöpfung verschiedener Branchen des Industriesektors der EU-15.<sup>9</sup>*

Branche	Bruttowertschöpfung [Mrd. €]
Baugewerbe	525.9
Metallerzeugung und Bearbeitung	207.7
Ernährungsgewerbe und Tabakverarbeitung	186.4
Herst. von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten, etc.	178.9
Maschinenbau	171.2

Ein direkter Vergleich der Industriestruktur der Schweiz und jener in der Europäischen Union ist auf der Grundlage des Eurostat-Datensatzes nicht möglich, da dieser keine Daten für die Schweiz enthält und zudem die Branchen anders abgegrenzt sind als im BFS-Datensatz. Einen Vergleich der Branchenstruktur auf einer höheren Aggregationsstufe ermöglicht jedoch das Eurostat-Jahrbuch, das auch für die Schweiz eine sektorale Differenzierung ausweist.<sup>11</sup> Die Werte sind in Tabelle 3 zusammengestellt und beziehen sich auf das Jahr 2005.<sup>ii</sup>

*Tabelle 3: Anteil der Bruttowertschöpfung zu Herstellungspreisen an der Bruttowertschöpfung in der EU, in der Schweiz und in ausgewählten europäischen Ländern (Werte für 2005).<sup>11</sup>*

	Industrie [%]	Baugewerbe [%]
EU-25	20.6	6.0
EU-15	20.3	6.0
Schweiz	20.8	5.6
Deutschland	25.8	3.8
Frankreich	15.1	5.8
Italien	20.8	6.0
Österreich	22.1	7.6

Deutliche Unterschiede zwischen der Wirtschaftsstruktur der Schweiz und der Europäischen Union insgesamt lassen sich bei dieser groben Differenzierung der

---

<sup>ii</sup> Werte für 2004 liegen nicht vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass keine deutlichen Verschiebungen stattgefunden haben. Die Konstanz in der Bedeutung der Wirtschaftsbranchen bestätigt der Vergleich mit den Daten aus dem Jahr 2000.

Wirtschaftsbranchen aber nicht erkennen. Ein Vergleich mit den Nachbarländern zeigt jedoch gewisse Differenzen. So liegt der Industrieanteil in Deutschland höher, in Frankreich hingegen deutlich tiefer als in der Schweiz. Die Zahlen von Italien stimmen mit jenen der Schweiz gut überein. Österreich hat ein bedeutenderes Baugewerbe und einen etwas wichtigeren Industriesektor als die Schweiz.

### 2.1.2. Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen des Industriesektors

#### *Energieverbrauch des Industriesektors*

Der Energieverbrauch des Industriesektors lag 2004 bei 171'710 TJ<sup>8</sup>, was 19.5% des totalen Energieverbrauches der Schweiz entspricht. Eine Unterteilung nach einzelnen Branchen wird in der Studie *Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor*<sup>12</sup> vorgenommen. Zur Ermittlung der sektoralen Daten wird hierfür jedes Jahr eine Befragung bei 13'000 Unternehmen durchgeführt. Der Energieverbrauch für die 12 Industriebranchen ist in Tabelle 4 dargestellt.

*Tabelle 4: Energieverbrauch des Industriesektors auf Branchenebene in der Schweiz.<sup>12</sup>*

Branche	Energieverbrauch [TJ]
Nahrungsmittel	15'541
Textil / Leder	2'767
Papier / Druck	21'680
Chemie / Pharma	28'801
Zement / Beton	15'490
Andere NE-Mineralien	3'853
Metall / Eisen	7'741
NE-Metall	4'222
Metall Geräte	11'287
Maschinen	6'414
Andere Industrien	15'732
Bau	4'903

Die Branchen mit dem grössten Energiebedarf sind Chemie/Pharma, Papier/Druck, Andere Industrien<sup>iii</sup>, Nahrungsmittel und Zement/Beton. Die Summe des Energieverbrauchs in den zwölf Branchen beträgt 138'431 TJ und entspricht nicht dem

<sup>iii</sup> In dieser Klasse enthalten sind die Branchen Erzbergbau, Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau, Be- und Verarbeitung von Holz, Mineralölverarbeitung, Herst. von Gummi- und Kunststoffwaren, Herst. von med. und optischen Geräten, Uhren, Fahrzeugbau, Herstellung von sonstigen Fahrzeugen, Herstellung von Möbeln, Schmuck, Spielwaren, Recycling, Wasserversorgung.

Gesamtverbrauch des Industriesektors gemäss Energiestatistik (vgl. oben), was durch methodische Unterschiede bei der Erhebung und Berechnung begründet ist. In der Energiestatistik der OECD wird der Energieverbrauch des Industriesektors im Jahr 2004 mit 179'603 TJ ausgewiesen, davon entfallen 67'111 TJ auf die Elektrizitätsproduktion.<sup>13</sup>

### *Treibhausgasemissionen des Industriesektors*

Die energetisch bedingten Treibhausgasemissionen für diverse Branchen der verarbeitenden Industrie und des Baugewerbes sind im Treibhausgasinventar aufgelistet (Tabelle 5).<sup>6</sup> In der Summe wurden im Jahr 2004 von der verarbeitenden Industrie und dem Baugewerbe 5'841 GgCO<sub>2</sub>e emittiert. Die industriellen Prozesse verursachten weitere Emissionen in der Höhe von 3'074 Gg CO<sub>2</sub>e.<sup>iv</sup>

*Tabelle 5: Treibhausgasemissionen verschiedener Industriebranchen der Schweiz.<sup>6</sup>*

Branche	THG-Emissionen [Gg CO <sub>2</sub> e]
Eisen und Stahl	236.5
NE-Metalle	75.5
Chemieindustrie	902.4
Zellstoff, Papier und Druck	536.6
Nahrungsmittel	607.5
Andere (Glas, Zement, ...)	3480.3

Eine detaillierte Branchenunterteilung des Sektors liegt auch in den internen Berechnungen des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) nicht vor. Vergleiche mit dem Ausland können demzufolge nur in dieser Aggregationstiefe angestellt werden. Ein internationaler Vergleich liesse sich also für den Bereich der Industrie auf Grundlage des Treibhausgasinventars durchführen. Allerdings ist die Abgrenzung eine grosse Fehlerquelle bei der Berechnung von Indikatoren. Beispielsweise erfordert die Berechnung der Emissionsintensität (Emissionen pro Einheit Wertschöpfung), dass auch die Wertschöpfung in der gleichen Sektorenabgrenzung vorliegt. Die Wertschöpfung wird jedoch anhand der international vereinheitlichten Branchenklassifikation, der *Allgemeinen Systematik der Wirtschaftszweige* (NOGA) ausgewiesen, die mit dem Treibhausgasinventar nur sehr bedingt kompatibel ist.

<sup>iv</sup> Die Publikation *Emissionen nach CO<sub>2</sub>-Gesetz und Kyoto-Protokoll*<sup>26</sup> weist die Emissionen des Industriesektors 2004 mit 11.23 Mio. t CO<sub>2</sub>e aus. In dieser Zahl sind Emissionen von IPCC-Kategorien enthalten (1A1, 1A5, 1B, 3), die im Treibhausgasinventar separat ausgewiesen sind.

Die Studie *Pilot-NAMEA für die Schweiz 2002* im Auftrag vom BFS und dem BAFU versucht, die Treibhausgasemissionen entsprechend der NOGA-Klassifikation zu berechnen.<sup>14</sup> Die Berechnungen der Emissionen musste hier auch methodisch an die Berechnungen des Bruttoinlandsproduktes angepasst werden. Deswegen wird beispielsweise das Inlandkonzept angewendet und nicht – wie im Treibhausgasinventar – das Verbrauchskonzept. Dies hat vor allem für die Transportemissionen eine grosse Bedeutung (Tanktourismus). Noch wichtiger für den Industriesektor erscheint die Zuordnung der Emissionen zu den wirtschaftlichen Aktivitäten. Im Gegensatz dazu unterscheidet das Treibhausgasinventar nach Emissionsquellen bzw. Prozessen. Die Bildung von Indikatoren zur Wertschöpfung kann daher in dem Pilotprojekt NAMEA viel exakter erfolgen. Schliesslich werden die Treibhausgase umfassender erfasst (Emissionen des internationalen Flugverkehrs, Emissionen bei Verbrennung von Biomasse als Brennstoff berücksichtigt).

In der NAMEA-Studie werden Emissionsintensitäten (Emissionen pro Wertschöpfung bzw. Emissionen pro Beschäftigtem) berechnet und mit sechs europäischen Ländern (Dänemark, Deutschland, Niederlande, Grossbritannien, Norwegen und Italien) verglichen.

### **2.1.3. Indikatoren zu Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen**

#### *Indikatoren*

Für einen Vergleich des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen des Industriesektors in der Schweiz und in anderen europäischen Ländern schlagen wir folgende Indikatoren vor:

1. Energieverbrauch pro € Wertschöpfung im Industriesektor
2. CO<sub>2</sub>-Emissionen pro € Wertschöpfung im Industriesektor
3. CO<sub>2</sub>-Emissionen pro € Wertschöpfung im Industriesektor ohne Energieerzeugung

Der Bezug des Energieverbrauchs zur Wertschöpfung (Indikator 1) bringt zum Ausdruck, wie energieeffizient der Industriesektor in den einzelnen Ländern arbeitet. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Wertschöpfung (Indikator 2) steht für die CO<sub>2</sub>-Effizienz des Sektors. Der Industriesektor beinhaltet auch die Energieerzeugung, deren Emissionen den Energiemix in den verschiedenen Ländern widerspiegeln. Das Weglassen der Energieerzeugung dieser Branche (Indikator 3) ergibt ein aussagekräftigeres Mass für die für CO<sub>2</sub>-Effizienz der verarbeitenden Industrie.

Im Rahmen des Projekts Odyssee werden zusätzliche Indikatoren für die Länder der Europäischen Union berechnet. Dabei werden keine Daten für die Schweiz berücksichtigt:

- Der Energieverbrauch der verarbeitenden Industrie wird zusätzlich zur Originalversion (Indikator 1) auch noch korrigiert um den Strukturwandel und korrigiert um die Struktur der verarbeitenden Industrie in der Europäischen Union ausgewiesen. Die Idee der Korrekturen ist es, erstens die Veränderungen der Emissionen über die Zeit zu fassen und zweitens die durchschnittliche Branchenstruktur zu berücksichtigen. Weil es nicht möglich ist, die Korrektur der Schweizer Daten nachträglich nach der gleichen Methode durchzuführen wie bei Odyssee, werden wir die Indikatoren im Rahmen dieser Studie nicht berechnen.
- Der Energieverbrauch der Zementindustrie, Papierindustrie und Stahlindustrie wird pro Tonne Output ausgewiesen. Die Ergebnisse von Odyssee weisen eine grosse Streuung auf. Beispielsweise benötigt die Stahlindustrie in Schweden die 3.5-fache Menge an Energie pro Menge Stahl wie in Griechenland. Um die Aussagekraft der Indikatoren vollumfänglich beurteilen zu können, müssten die Gründe für die Streuung genau analysiert werden, was im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich ist.
- Für die Chemische Industrie wird der Energieverbrauch pro Einheit Wertschöpfung ausgewiesen. Diesen Indikator werden wir im Rahmen der Fallstudie berechnen.

Die Indikatoren mit Bezug zur Wertschöpfung eignen sich für einen Vergleich von Ländern, deren Wirtschaft einen ähnlichen Entwicklungsstand aufweisen. Für einen Vergleich mit weniger entwickelten Ländern wären sie aber nicht sinnvoll. Dazu müssten andere Indikatoren verglichen werden, die aber im Rahmen dieser Studie nicht berechnet werden:

- *Energieverbrauch bzw. Emissionen pro Beschäftigtem*  
Dieser Indikator basiert auf einem Pro-Kopf-Ansatz, vor dem Hintergrund der Klimaverhandlungen also auf der Überlegung, dass allen Personen der gleiche Energieverbrauch bzw. die gleichen Emissionen zugerechnet werden. Jedoch erscheint der Indikator im Sektor Industrie ungeeignet, weil letztendlich die Emissionen primär aufgrund der Produktion resultieren und nicht aufgrund der Anzahl Arbeitsplätze.

- *Energieverbrauch bzw. Emissionen pro Umsatz*  
Dieser Indikator läuft in die ähnliche Richtung wie die berechneten Indikatoren mit der Wertschöpfung. Leichte Verschiebungen können dann resultieren, wenn Branchen mit einem hohen Umsatz im Verhältnis zur Wertschöpfung stärker vertreten sind. In der Schweiz liegt das Verhältnis Wertschöpfung zu Umsatz der einzelnen Branchen zwischen 0.3 und 0.5, ist also relativ konstant.<sup>15</sup> Grosse Verschiebungen sind also nicht zu erwarten, die Schweiz würde im internationalen Vergleich auch bei diesen Indikatoren sehr gut abschneiden.
- *Anteil der Energiekosten an den gesamten Produktionskosten*  
Mit diesem Indikator wird die Bedeutung der Energiekosten für den Produktionsprozess gemessen. Der Indikator zeigt an, wie stark der Anreiz der Unternehmen ist, in energieeffiziente Verfahren zu investieren. Für die Zielstellung der Studie könnten Rückschlüsse gezogen werden, ob und in welchem Umfang über den Preismechanismus Energie- und Emissionseinsparungen erzielt werden können. Die uns bekannte Datenlage verunmöglicht es jedoch, diesen Indikator im Rahmen der Studie für einen internationalen Vergleich zu berechnen.<sup>v</sup>

### *Resultate*

Der Energieverbrauch des Industriesektors pro Wertschöpfung in der Schweiz und in den Ländern der EU-15 ist in Abbildung 1 dargestellt. Dabei wurden die Einheiten von Odyssee übernommen. Der Energieverbrauch wird in *kilogram of oil equivalent* (koe)<sup>vi</sup> berechnet. Der Produktionswert wird in € des Jahres 2000 angegeben. Zudem wird – wie in internationalen Vergleichen üblich – die Wertschöpfung um die Kaufkraft bereinigt.

Die Abbildung verdeutlicht die energieeffiziente Produktion in der Schweiz. Der Energieverbrauch der Schweiz pro € Wertschöpfung liegt tiefer als in fast allen anderen Staaten der EU-15. Lediglich Irland weist einen tieferen Wert auf als die Schweiz. In den Nachbarländern Deutschland, Frankreich, Italien und Österreich ist der Energieeinsatz pro Wertschöpfung rund zwei- bis dreimal so gross wie in

---

v Die OECD liefert in der Studie *Oil Crises & Climate Challenges - 30 Years of Energy Use in IEA Countries* einen Vergleich für vier ausgewählte Länder in den Jahren 1982 und 1998. Das Ergebnis zeigt, dass die (relativen) Energiekosten in diesem Zeitraum abgenommen haben. Neuere Daten für das Jahr 2004 liegen uns nicht vor.

vi 1 koe = 41.868 \* 10<sup>-6</sup> TJ

der Schweiz. Ausgesprochen hohe Werte ( $>25$  koe/€00p) weisen Spanien, die Niederlande, Schweden, Belgien und Luxemburg ( $>45$  koe/€00p) auf.

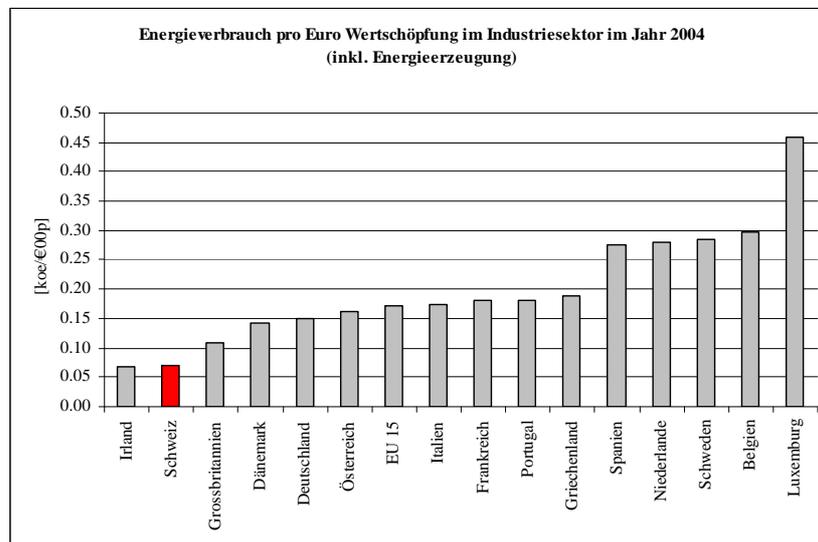


Abbildung 1: Energieverbrauch pro € Wertschöpfung im Industriesektor (inklusive Energieerzeugung) (Odyssee-Indikatoren<sup>16</sup> und eigene Berechnungen<sup>vii</sup>).

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern im Industriesektor pro Wertschöpfung mit und ohne Energieerzeugung sind in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt.<sup>17</sup> Auch hier schneidet die Schweiz im internationalen Vergleich sehr gut ab. Mit Einbezug der Energieerzeugung liegen die Emissionen bei knapp 150 g /€ Wertschöpfung (kaufkraftbereinigt) und sind deutlich tiefer als in allen anderen EU-15 Ländern (Durchschnitt EU15: 699 g/€). Auch ohne Energieerzeugung schneidet die Schweiz im Vergleich sehr gut ab. Lediglich Irland weist bessere Werte auf. Die Werte in den Nachbarländern Deutschland, Frankreich, Italien und Österreich sind rund doppelt so gross wie in der Schweiz. Ausgesprochen hohe Werte ( $>350$  g/€04p) ergeben sich für Finnland, Luxemburg, Belgien und die Niederlande.

<sup>vii</sup> Folgende Berechnungsschritte wurden für die Schweiz vorgenommen: Energieverbrauch gemäss Gesamtenergiestatistik: 171'710 TJ = 4'101'222'891 koe; Bruttowertschöpfung im Industriesektor gemäss BFS, Tabelle T 04.02.16: 117'872'285'634 CHF. Letzterer Wert ist zu laufenden Preisen. Er wurde für die allgemeine Preisentwicklung in den Jahren 2000-2004 korrigiert (Faktor 1.03; BFS, T 5.1.1). Die Umrechnung in € erfolgte auf Basis des kaufkraftbereinigten Wechselkurses von 1.9637 CHF/EUR.<sup>18</sup>

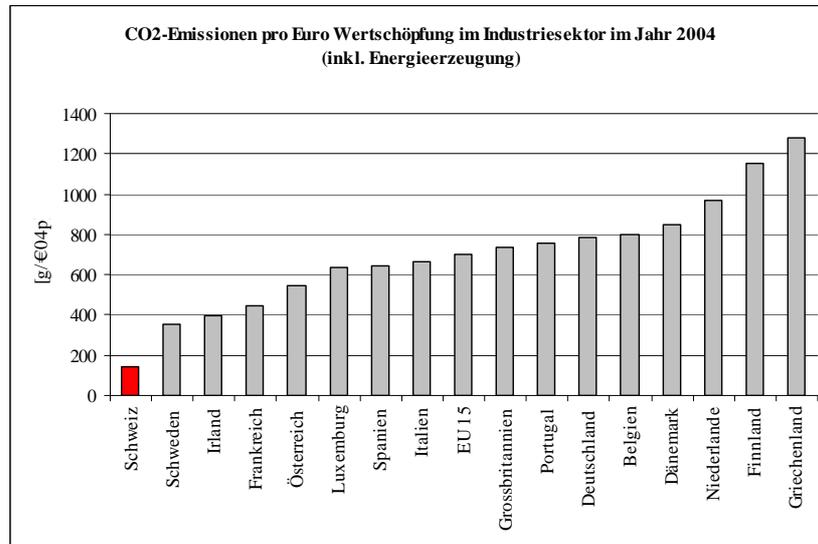


Abbildung 2: CO<sub>2</sub>-Emissionen<sup>viii</sup> pro € Wertschöpfung im Industriesektor (inklusive Energieerzeugung).<sup>9, 18</sup>

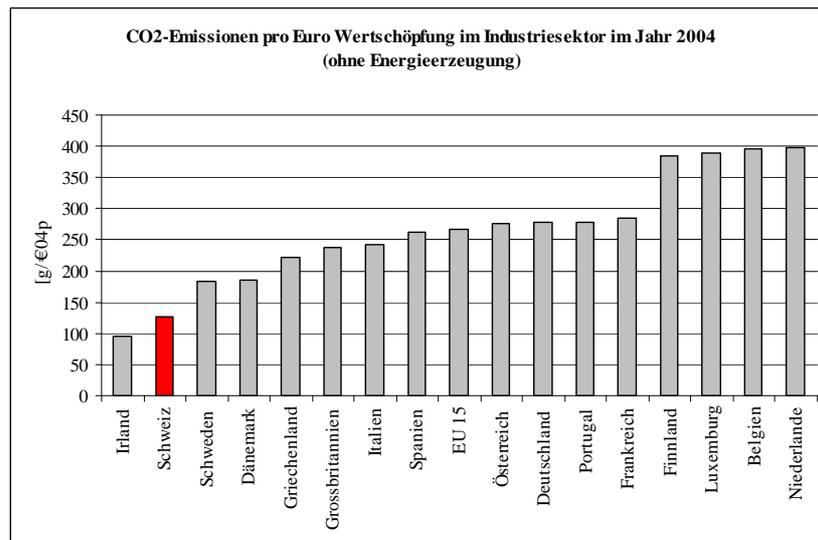


Abbildung 3: CO<sub>2</sub>-Emissionen pro € Wertschöpfung im Industriesektor (ohne Energieerzeugung).<sup>9,17,18</sup>

Beim Vergleichen ist zu beachten, dass der betrachtete Indikator nur wenig über die tatsächlichen Einsparpotenziale im Industriesektor der Schweiz aussagt. Die

<sup>viii</sup> Berücksichtigt werden lediglich die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Datengrundlage für die Emissionen im Industriesektor sind die Kategorien *Main Activity Producer Electricity and Heat*, *Unallocated Autoproducer*, *Other Energy Industries* und *Manufacturing Industries and Construction*. Unter den Emissionen der Kategorie *Unallocated Autoproducer* befinden sich sicherlich auch Unternehmen der Dienstleistungsbranche. Unter der Annahme, dass primär die Industriebetriebe selbständig Energie erzeugen, wurde diese Kategorie aber vollständig dem Industriesektor zugerechnet. Der resultierende Fehler dürfte aufgrund der geringen Emissionen relativ gering sein.

Schweiz schneidet in erster Linie aufgrund der Struktur des Industriesektors gut ab: Sie verbraucht vor allem deswegen wenig Energie und verursacht wenig Emissionen, weil die in der Schweiz gefertigten Produkte und deren Produktionsprozesse wenig Energie benötigen. Die Schweizer Industrie kann sich also nicht der Verantwortung durch die Klimaänderung entziehen.

#### 2.1.4. Fallstudie: Chemische Industrie

Die chemische Industrie der Schweiz umfasst folgende – nach Beschäftigtenzahl sortierte – wirtschaftliche Tätigkeiten:<sup>ix</sup>

- Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
- Herstellung von chemischen Grundstoffen
- Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen
- Herstellung von Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemitteln sowie von Duftstoffen
- Herstellung von Anstrichmitteln, Druckfarben und Kitteln
- Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln, Pflanzenschutz und Desinfektionsmitteln
- Herstellung von Chemiefasern

Im Jahr 2005 waren 66'900 Personen in knapp 1000 Unternehmen der chemischen Industrie beschäftigt, davon allein 32'000 in der Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen. Der Anteil der Beschäftigten der chemischen Industrie beträgt 1.8% aller Beschäftigten in der Schweiz resp. 6.7% der Beschäftigten im sekundären Sektor der Schweiz.

Die Schweizer Chemie ist einer der Wachstumstreiber der Volkswirtschaft. Im internationalen Vergleich erreicht sie einen vergleichsweise hohen Anteil am Bruttoinlandprodukt (BIP) und ein überdurchschnittliches reales Wachstum.<sup>19</sup> Der Anteil an der Wertschöpfung betrug im Jahr 2004 mit 15.3 Mrd. CHF rund 3.4%, 1998 waren es noch 3.0%.<sup>20</sup> Das Wertschöpfungswachstum in den Jahren 1990-2005 lag bei durchschnittlich 7% pro Jahr. Der Umsatz der chemischen Industrie im Jahr 2004 betrug 48.1 Mrd. CHF.<sup>21</sup>

---

<sup>ix</sup> Die Daten des Abschnittes entstammen der *Betriebszählung 2005 – Branchenporträt Herstellung von chemischen Erzeugnissen*. Die Betriebszählung wurde in den Jahren 2001 und Jahr 2005 durchgeführt, gewähltes Referenzjahr für diese Daten ist deswegen das Jahr 2005.

2004 verbrauchte die Schweizer Chemie 28'801 TJ Energie, davon 10'697 TJ Elektrizität.<sup>22</sup> 2002 wurden von der Chemie<sup>x</sup> 1.8 Mio. t CO<sub>2</sub>eq emittiert.<sup>23</sup>

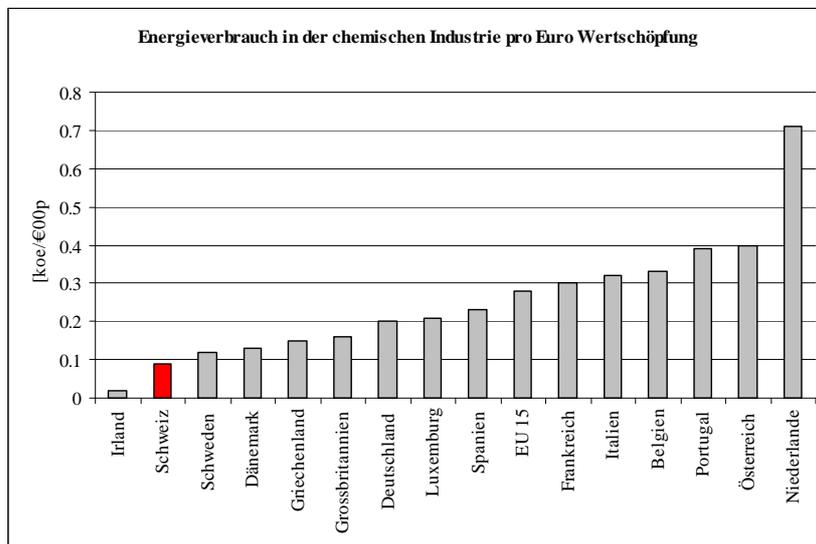


Abbildung 4: Energieverbrauch der chemischen Industrie (Odyssee-Indikatoren<sup>16</sup> und eigene Berechnungen<sup>xi</sup>)

In Abbildung 4 wird der Energieverbrauch<sup>xii</sup> der chemischen Industrie pro Wertschöpfung in der Schweiz und in 14 EU Staaten verglichen. Aus Gründen der Datenverfügbarkeit konnte für Finnland kein Wert ermittelt werden. Die Gegenüberstellung zeigt einen sehr geringen Energieverbrauch pro Wertschöpfung in der chemischen Industrie der Schweiz. Gründe dafür sind einerseits die hohe Produktivität der Schweizer Chemie, andererseits aber auch der überdurchschnittliche Anteil der pharmazeutischen Industrie. Die grundsätzlich andere Wirtschaftsstruktur mit einem überproportionalen Anteil der pharmazeutischen Industrie in der Schweiz führt dazu, dass der Energieverbrauch pro Einheit Wertschöpfung im internationalen Vergleich sehr tief ausfällt. Ein aussagekräftiger Vergleich der Energieeffizienz in der chemischen Industrie wäre daher nur nach Korrektur der

<sup>x</sup> Die Emissionen werden inklusive der Mineralölverarbeitung ausgewiesen. Neuere Emissionsdaten nach Branchen liegen nicht vor.

<sup>xi</sup> Berechnung für die Schweiz: Energieverbrauch 28'801 TJ = 687'900'067 koe, Bruttowertschöpfung der Chemischen Industrie gemäss BFS, Tabelle T 04.02.16: 15'258'937'761 CHF, zu laufenden Preisen. Letzterer Wert wurde korrigiert um die allgemeine Preisentwicklung in den Jahren 2000-2004 mit Faktor 1.03 (BFS, T 5.1.1) und Wechselkurs CHF/€ (kaufkraftbereinigt) gemäss OECD von 1.9637 CHF/EUR.

<sup>xii</sup> Treibhausgasemissionen nach NOGA-Branchen liegen zwar für die Schweiz, jedoch nicht auf internationaler Ebene vor. Aus diesem Grund können die Treibhausgasemissionen nicht international verglichen werden.

unterschiedlichen Wirtschaftsstruktur möglich. Abbildung 4 ermöglicht also lediglich eine grobe Einordnung.

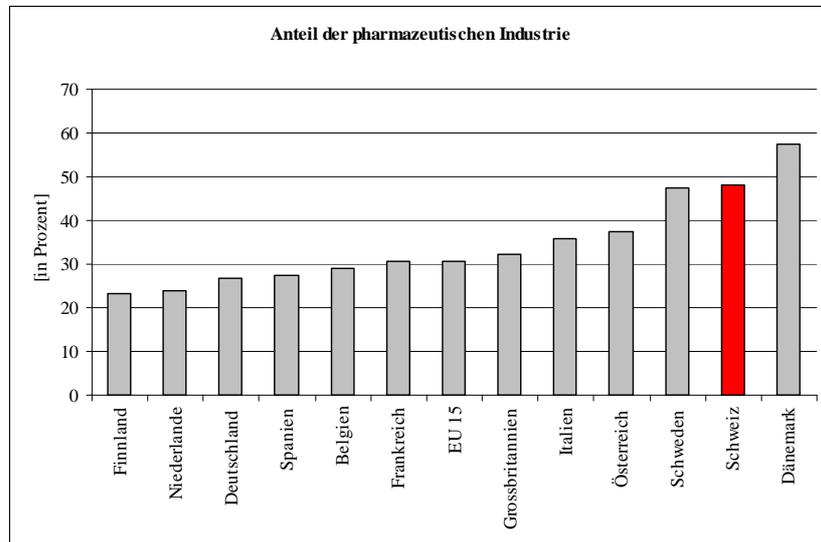


Abbildung 5: Bedeutung der pharmazeutischen Industrie – gemessen am Anteil der Arbeitsplätze<sup>xiii 9,24</sup>.

Abbildung 5 zeigt den Anteil der Beschäftigten in Unternehmen der Pharmachemie an allen Beschäftigten der chemischen Industrie. In der Schweiz ist der Anteil mit 48% sehr hoch. Nur in Schweden und Dänemark ist der Anteil ungefähr gleich resp. höher; in beiden Ländern ist der Energieverbrauch pro Wertschöpfung klein (Abbildung 4). Der Vergleich der beiden Abbildungen verdeutlicht, dass die chemische Industrie in den Ländern mit einem hohen Anteil der pharmazeutischen Industrie relativ energieeffizient ist. Tatsächlich liegt der Korrelationskoeffizient zwischen den beiden Werten bei -0.6.<sup>xiv</sup>

Dieses Ergebnis zeigt, dass der Energieverbrauch (und die Treibhausgasemissionen) stark von der Branchenstruktur abhängig ist. Das gute Abschneiden der Schweiz ist zu einem beträchtlichen Teil auf die unterschiedlichen Endprodukte der chemischen Industrie und deren Produktionsverfahren zurückzuführen. Ein Vergleich der Sektoren (zweistellige NOGA-Ziffern) in den europäischen Ländern greift zu kurz, um Aussagen über die Effizienz der Produktionsprozesse

<sup>xiii</sup> EU-15 ohne Griechenland, Irland, Luxemburg und Portugal.

<sup>xiv</sup> Die Korrelation ist auf den Wertebereich -1 bis +1 normiert. Ein negativer Wert sagt aus, dass in der betrachteten Ländergruppe ein höherer Anteil der pharmazeutischen Industrie mit einem geringern Energieverbrauch pro Wertschöpfungseinheit einhergeht. Ein Wert von -1 drückt einen perfekt negativen Zusammenhang aus, ein Wert von 0 keinen statistisch erkennbaren Zusammenhang.

und mögliche Einsparpotenziale zu machen. Dazu wäre eine detaillierte Branchenanalyse (drei- bis vierstellige NOGA-Ziffern) notwendig. Dies ist bei der aktuellen Datenlage jedoch nicht möglich.

### **2.1.5. Interpretation der Ergebnisse**

Die Schweiz schneidet beim Vergleich der Indikatoren mit Bezug zur Wertschöpfung in der Regel sehr gut ab. Zwar wurden die Indikatoren kaufkraftbereinigt, dem hohen Preisniveau in der Schweiz wurde also Rechnung getragen. Trotzdem sind die Werte für die Schweiz im Vergleich zu den anderen europäischen Ländern sehr tief, was zu einem grossen Teil auf die Struktur des Sektors zurückzuführen ist. Um differenziertere Aussagen zum Verbesserungspotenzial beim Energieverbrauch und den Treibhausgasemissionen machen zu können, wären detaillierte Untersuchungen auf Branchenebene erforderlich.

## **2.2. Dienstleistungen**

### **2.2.1. Strukturelle Besonderheiten des Dienstleistungssektors Schweiz**

#### *Dienstleistungssektor in der Schweiz*

Der Dienstleistungssektor umfasst rund drei Viertel aller marktwirtschaftlichen Unternehmen in der Schweiz. 2004 erzielte er eine Bruttowertschöpfung von 324 Mrd. CHF.<sup>25</sup> Das BFS unterscheidet bei der Berechnung der Wertschöpfung 19 Branchen im Dienstleistungssektor.<sup>xv</sup> Die wirtschaftlich wichtigsten Sektoren sind in Tabelle 6 aufgeführt.

---

<sup>xv</sup> Branche des Dienstleistungssektors: 50 Handel, Reparatur von Autos; Tankstellen, 51-52 Gross- und Detailhandel, 55 Gastgewerbe, 60-62 Landverkehr, Schifffahrt, Luftfahrt, 63 Nebentätigkeiten für den Verkehr; Reisebüros, 64 Nachrichtenübermittlung, 65 Kreditgewerbe, 66 Versicherungsgewerbe, 70 Immobilienwesen, 71+74 Verm. beweg. Sachen, Dienstleist. für Unternehmen, 72 Informatikdienste, 73 Forschung und Entwicklung, 75 Öffentliche Verwaltung; öff. Sozialversicherung, 80 Unterrichtswesen, 85 Gesundheits- und Sozialwesen, 90 Abwasserreinigung, Abfallbeseitigung, 91-92 Interessenvertretungen, Kultur, Sport, 93-95 Persönliche Dienstleistungen, private Haushalte, 96-97 Vermietung (private Haushalte).

*Tabelle 6: Die bedeutendsten Branchen des Dienstleistungssektors in der Schweiz.<sup>25</sup>*

Branchen	Bruttowertschöpfung [Mrd. CHF]
Gross- und Detailhandel	51.6
Öffentliche Verwaltung; öff. Sozialversicherung	47.7
Kreditgewerbe	39.6
Vermietung (private Haushalte)	31.8
Verm. beweg. Sachen, Dienstleist. für Unternehmen	30.5
Gesundheits- und Sozialwesen	26.1
Versicherungsgewerbe	22.4

#### *Vergleich Schweiz und Europäische Union*

Eurostat, das Statistische Amt der Europäischen Union, weist die Wertschöpfung für insgesamt 11 Branchen im Dienstleistungssektor aus.<sup>9</sup> Die Daten werden also stärker aggregiert als beim Bundesamt für Statistik. Aus der unterschiedlichen Abgrenzung folgt unmittelbar, dass der Vergleich einzelner Branchen mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist. Die Wertschöpfung im Dienstleistungssektor der EU-15 lag im Jahr 2004 bei insgesamt 6'430 Mrd. Euro. Die wirtschaftlich wichtigsten Branchen sind aus Tabelle 7 ersichtlich.<sup>xvi</sup>

*Tabelle 7: Die bedeutendsten Branchen des Dienstleistungssektors in der EU-15.<sup>9</sup>*

Branchen	Bruttowertschöpfung [Mrd. €]
Grundstücks- und Wohnungswesen, Vermietung beweglicher Sachen, Erbringung von Dienstleistungen überwiegend für Unternehmen	1'977.9
Handel; Instandhalt. und Rep. von Kraftfahrz. und Gebrauchsgüter	1'011.0
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	635.6
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	621.6
Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung	563.4

Der Vergleich zwischen der Schweiz und der Europäischen Union ist mit dem vorliegenden Datenmaterial nur auf einem höheren Aggregationsniveau möglich. In Tabelle 8 sind die relativen Anteile der verschiedenen Dienstleistungsbranchen

<sup>xvi</sup> Die Bedeutung der Branchen in der EU 25 unterscheiden sich nur geringfügig, weil die wirtschaftlich bedeutendsten Länder zu der Gruppe der EU-15 zählen.

an der gesamten Bruttowertschöpfung in der Schweiz und der EU zusammengestellt. Die daraus erkennbare Struktur des Dienstleistungssektors unterscheidet sich ein wenig von der Europäischen Union (EU-15 und EU-25). Die *unternehmensbezogenen Finanzdienstleistungen* sind von etwas geringerer Bedeutung, dafür weisen die *sonstigen Dienstleistungen* in der Schweiz mit 26.9% einen höheren Beitrag als in der Europäischen Union aus.

Deutlichere Unterschiede ergeben sich beim direkten Vergleich mit den Nachbarländern. Die Bedeutung von *Handel, Verkehr und der Nachrichtenübermittlung* ist in der Schweiz ca. 3 Prozentpunkte höher als in Deutschland und 3 Prozentpunkte tiefer als in Österreich. Bei den *unternehmensbezogenen Finanzdienstleistungen* weist die Schweiz ebenso wie Österreich einen unterdurchschnittlichen Wert aus. In Frankreich ist der Anteil mit 32% der Wirtschaftsleistung deutlich höher. Bei den *sonstigen Dienstleistungen* ist der Unterschied gegenüber Italien und Österreich am grössten. In der Schweiz liegt der Anteil 6% höher.

*Tabelle 8: Anteil ausgewählter Dienstleistungsbranchen an der gesamten Bruttowertschöpfung zu Herstellungspreisen (Werte für 2005<sup>xvii</sup>).<sup>11</sup>*

	Handel, Verkehr und Nachrichtenübermittlung [%]	Unternehmensbezogene Finanzdienstleistungen [%]	Sonstige Dienstleistungen [%]
EU-25	21.7	27.4	22.5
EU-15	21.4	27.8	22.7
Schweiz	21.5	24.2	26.9
Deutschland	18.1	29.1	22.3
Frankreich	19.3	32.0	25.6
Italien	23.2	26.9	20.8
Österreich	24.4	23.4	20.8

### 2.2.2. Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen des Dienstleistungssektors

Der Energieverbrauch des Dienstleistungssektors im Jahr 2004 betrug gemäss Gesamtenergiestatistik 146'550 TJ.<sup>8</sup> Dies entspricht einem Anteil von 16.7% des gesamten Endenergieverbrauches in der Schweiz. In der Studie *Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor*<sup>12</sup> wird der Energieverbrauch für

<sup>xvii</sup> Werte für 2004 liegen nicht vor. Jedoch ist davon auszugehen, dass hier keine deutlichen Verschiebungen stattgefunden haben. Die Konstanz in der Bedeutung der Wirtschaftsbranchen bestätigt der Vergleich mit den Daten aus dem Jahr 2000.

sieben Branchengruppen des Dienstleistungssektors ausgewiesen. In Tabelle 9 sind die Ergebnisse aufgelistet.<sup>xviii</sup>

Wie beim Industriesektor entspricht auch beim Dienstleistungssektor das Total der sieben Branchengruppen (130'504 TJ) nicht jenem in der Gesamtenergiestatistik. Hierfür sind wiederum methodische Unterschiede verantwortlich. Die OECD weist den Energieverbrauch des Dienstleistungssektors für das Jahr 2004 mit 158'139 TJ aus (davon 59'227 TJ Elektrizität).

*Tabelle 9: Energieverbrauch der verschiedenen Dienstleistungsbranchen (insgesamt und aufgeteilt nach Energieträger) im Jahr 2004.<sup>12</sup>*

	Energieverbrauch [TJ]	Elektrizität [TJ]	Heizöl HEL [TJ]	Erdgas [TJ]
1. Handel	28'815	14'072	11'082	3'660
2. Gastgewerbe	18'190	8'621	7'947	1'622
3. Kredit / Versicherungen	8'237	4'654	2'056	1'527
4. Verwaltung	5'671	2'405	1'833	1'433
5. Unterricht	12'608	3'686	4'841	4'081
6. Gesundheits- / Sozialwesen	15'270	5'645	5'723	3'901
7. andere Dienstleistungen	41'713	17'805	16'276	7'632
8. Total	130'504	56'888	49'758	23'856

Die Treibhausgasemissionen aus Brennstoffen des Dienstleistungssektors beliefen sich im Jahr 2004 auf 5.67 Mio. t CO<sub>2</sub>e.<sup>26</sup> Im Treibhausgasinventar sind die Emissionen des Dienstleistungssektors nicht branchenspezifisch ausgewiesen. Somit ist es auch nicht möglich, die Emissionen für die einzelnen Branchen anzugeben. Eine Abschätzung ist hingegen auf der Grundlage der Energieverbrauchszahlen der Tabelle 9 möglich. Die Resultate sind in Tabelle 10 aufgeführt.

<sup>xviii</sup> Die Branchenaufteilung der Tabelle 8 und Tabelle 9 ist nicht miteinander vergleichbar. Die Kategorien der Tabelle 9 können zwar den Kategorien der Tabelle 8 zugeordnet werden. Dies gelingt jedoch nicht vollständig, weil die sonstigen Dienstleistungen unterschiedlich abgegrenzt werden. Konkret befinden sich in der Kategorie *Handel, Verkehr und Nachrichtenübermittlung* der Tabelle 8 die Branchen 50-64 gemäss NOGA, in der Kategorie *Unternehmensbezogene und Finanzdienstleistungen* die Branchen 65-74 und in den *sonstigen Dienstleistungen* die Branchen 75-95. In Tabelle 9 sind die NOGA-Branchen wie folgt aufgeteilt: *Handel* 50-52, *Gastgewerbe* 55, *Kredit / Versicherungen* 65-67, *Verwaltung* 75, *Unterricht* 80, *Gesundheits- / Sozialwesen* 85 und *andere Dienstleistungen* 60-64, 70-74 und 90-93.

*Tabelle 10: CO<sub>2</sub>-Emissionen der verschiedenen Dienstleistungsbranchen (insgesamt und aufgeteilt nach Energieträger).*

	CO <sub>2</sub> - Emissionen [Mio. t CO <sub>2</sub> ]	Elektrizität <sup>a)</sup> [Mio. t CO <sub>2</sub> ]	Heizöl HEL <sup>b)</sup> [Mio. t CO <sub>2</sub> ]	Erdgas <sup>c)</sup> [Mio. t CO <sub>2</sub> ]
Handel	1.24	0.22	0.82	0.20
Gastgewerbe	0.81	0.13	0.59	0.09
Kredit / Versicherungen	0.31	0.07	0.15	0.08
Verwaltung	0.25	0.04	0.14	0.08
Unterricht	0.64	0.06	0.36	0.22
Gesundheits- / Sozialwesen	0.72	0.09	0.42	0.21
andere Dienstleistungen	1.90	0.28	1.20	0.21
Total	5.87	0.89	3.67	1.31

<sup>a)</sup> Emissionsfaktor 15.6 t CO<sub>2</sub> /TJ<sup>27</sup>

<sup>b)</sup> Emissionsfaktor 73.7 t CO<sub>2</sub> /TJ<sup>6</sup>

<sup>c)</sup> Emissionsfaktor 55 t CO<sub>2</sub> /TJ<sup>28</sup>

### **2.2.3. Indikatoren zu Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen**

#### *Indikatoren*

Für den Vergleich des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen des Dienstleistungssektors in der Schweiz mit den anderen Ländern schlagen wir Indikatoren vor, welche die entsprechenden Grössen in Bezug zur Wertschöpfung und zur Anzahl Beschäftigten setzen:

1. Energieverbrauch des Dienstleistungssektors pro Einheit Wertschöpfung
2. Energieverbrauch pro Arbeitskraft
3. Energieverbrauch pro Bürofläche
4. Stromverbrauch pro Einheit Wertschöpfung
5. Stromverbrauch pro Arbeitskraft
6. Stromverbrauch pro Bürofläche
7. Treibhausgasemissionen pro Wertschöpfung
8. Treibhausgasemissionen pro Arbeitskraft
9. Treibhausgasemissionen pro Bürofläche

Die Indikatoren 1, 4 und 7 geben Auskunft darüber, wie effizient der Dienstleistungssektor bezüglich Energie- und Stromeinsatz sowie Treibhausgasemissionen

ist. Die Indikatoren 2, 5 und 8 berücksichtigen die Produktivität der Beschäftigten nicht implizit, sondern setzen Energie- und Stromverbrauch sowie Treibhausgasemissionen in Bezug zu der Anzahl Beschäftigte. Die Indikatoren 3, 6 und 9 schliesslich schafft den Bezug zur Fläche, die durch den Dienstleistungssektor beansprucht wird. Die berechneten Indikatoren sind nicht klimakorrigiert, da der Heizenergieverbrauch des Dienstleistungssektors nicht separat ausgewiesen wird.

Weil im Dienstleistungssektor (Büroarbeit) Energie, Strom und Treibhausgase nicht unmittelbar von der Wertschöpfung abhängig ist, erachten wir den Bezug zu den Beschäftigten und zur Bürofläche als sinnvoller. Es sind also nicht die Produktionsprozesse *per se*, die für den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen verantwortlich sind, sondern die von den Arbeitskräften in Anspruch genommenen Büroflächen, die elektronische Infrastruktur etc.

### *Resultate*

Der Energieverbrauch pro Einheit Wertschöpfung (Abbildung 6) liegt in der Schweiz mit 0.019 koe/€00p im internationalen Vergleich relativ tief, besser schneiden lediglich Luxemburg, Griechenland, Spanien und Italien ab, mit Ausnahme von Luxemburg also südeuropäische Länder. Dies dürfte primär auf die klimatischen Verhältnisse zurückzuführen sein. Im Vergleich mit den anderen mitteleuropäischen Ländern zeichnet sich die Schweiz durch einen tiefen Energieverbrauch aus. Der Durchschnitt der EU-15 liegt bei 0.023 koe/€00p.

Abbildung 7 setzt den Energieverbrauch in Relation zu den Beschäftigten im Dienstleistungssektor. Erwartungsgemäss schneidet die Schweiz bei diesem Indikator im internationalen Vergleich etwas schlechter ab. Der Energieverbrauch pro Beschäftigtem liegt bei 1.31 toe/emp<sup>xix</sup>. Der Durchschnitt der EU-15 ist mit 1.13 toe/emp etwas tiefer, auch hier ist in der Tendenz ein Nord-Süd-Gefälle zu erkennen. Ausnahme bildet lediglich Dänemark. Die unmittelbaren Nachbarstaaten der Schweiz liegen ebenfalls im Mittelfeld, der durchschnittliche Energieverbrauch dieser Länder ist jedoch etwas tiefer als in der Schweiz.

---

<sup>xix</sup> Unter Berücksichtigung der Werte der Gesamtenergiestatistik und einer durchschnittlichen Beschäftigung von 2'664'785 Beschäftigten (Quelle: Stat. Jahrbuch 2006, arithmetisches Mittel der Quartalsdaten). Unter Berücksichtigung der Werte der *Energy Statistics of OECD countries 2003-2004* liegt der Quotient etwas höher bei 1.42 toe/emp.

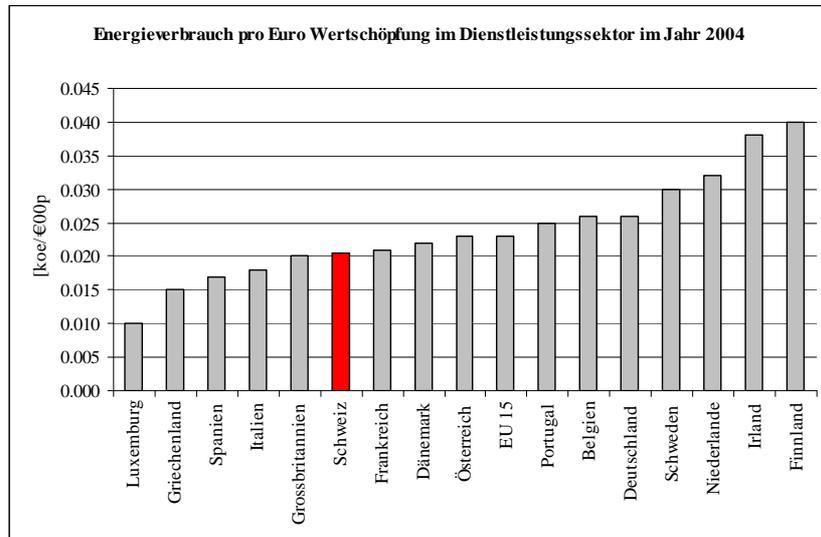


Abbildung 6: Energieverbrauch pro Einheit Wertschöpfung (Odyssee-Indikatoren<sup>16</sup> und eigene Berechnungen<sup>xx</sup>).

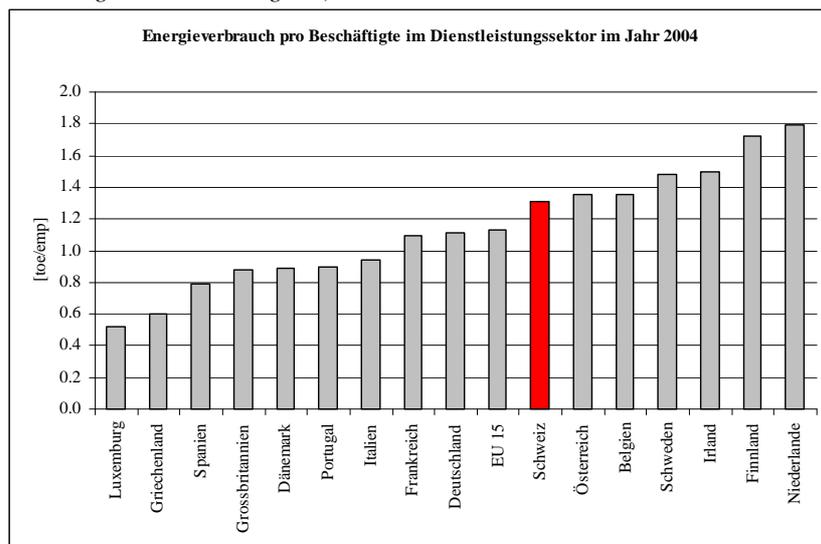


Abbildung 7: Energieverbrauch pro Beschäftigte (Odyssee-Indikatoren<sup>16</sup> und eigene Berechnungen<sup>xxi</sup>).

<sup>xx</sup> Folgende Berechnungsschritte wurden für die Schweiz vorgenommen: Energieverbrauch gemäss Gesamtenergiestatistik: 146'550 TJ = 3'500'286'615 koe; Bruttowertschöpfung im Dienstleistungssektor gemäss BFS, Tabelle T 04.02.16: 324'238'076'232 CHF. Letzterer Wert ist zu laufenden Preisen gemäss BFS, Tabelle T 5.1.1. Er wurde daher korrigiert um die allgemeine Preisentwicklung in den Jahren 2000-2004 mit dem Faktor 1.03 (BFS, T 5.1.1). Zudem erfolgte die Umrechnung in € auf Basis des kaufkraftbereinigten Wechselkurses von 1.9637 CHF/€<sup>18</sup>.

<sup>xxi</sup> Folgende Werte wurden für die Schweiz verwendet: Energieverbrauch gemäss Gesamtenergiestatistik: 146'550 TJ = 3'500'286 toe; Anzahl Beschäftigte im Dienstleistungssektor gemäss BFS, Tabelle T 3.2.2.6: 2'664'875 (arithmetisches Mittel der vier Quartale).

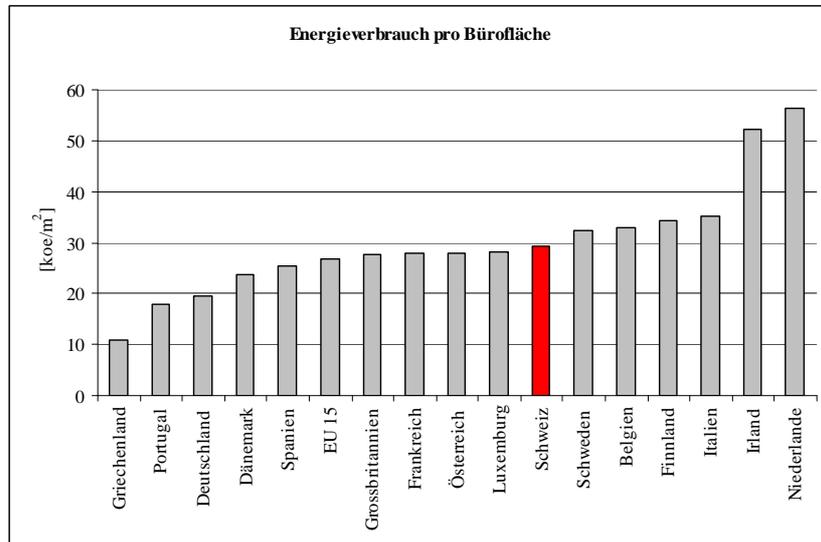


Abbildung 8: Energieverbrauch pro Bürofläche.

Abbildung 8 zeigt den Energieverbrauch im Dienstleistungssektor pro Quadratmeter Bürofläche.<sup>29</sup> Die Daten für die Bürofläche beziehen sich auf das Jahr 2003. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Werte für das Jahr 2004 nicht wesentlich davon abweichen, da sich Veränderungen in den Büroflächen sehr langsam vollziehen. Die Schweiz liegt mit  $29 \text{ koe/m}^2$  im europäischen Mittelfeld. Die südeuropäischen Länder Griechenland und Portugal benötigen am wenigsten Energie. Dieses Resultat ist auf den geringeren Heizbedarf aufgrund der klimatischen Verhältnisse zurückzuführen. Irland und die Niederlande weisen einen überdurchschnittlichen Verbrauch aus. In Deutschland und Dänemark ist der Energieverbrauch deutlich tiefer als in der Schweiz, obwohl die klimatischen Verhältnisse ähnlich sind (Anhang 4).

Abbildung 9 schliesslich betrachtet den Elektrizitätsverbrauch. Der Stromverbrauch pro Angestelltem ist in der Schweiz im Dienstleistungssektor ebenfalls leicht überdurchschnittlich. Er liegt bei  $6174 \text{ kWh/emp}$ , der Durchschnitt der EU15 beträgt  $5526 \text{ kWh/emp}$ . Besonders sparsam mit Elektrizität sind Belgien und Deutschland, sehr schlechte Ergebnisse erzielen Schweden und Finnland. Der hohe Stromverbrauch in den skandinavischen Ländern ist darauf zurückzuführen, dass die Elektrizität deutlich häufiger zu Heizzwecken eingesetzt wird.

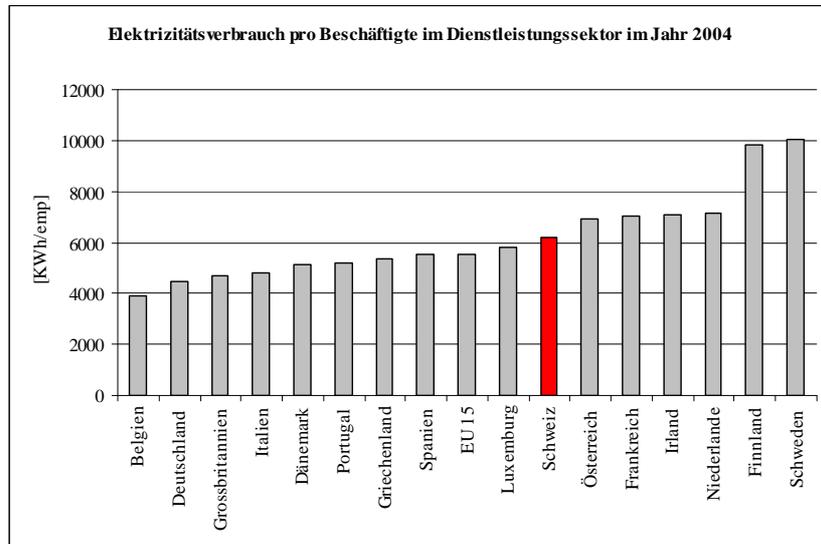


Abbildung 9: Elektrizitätsverbrauch pro Beschäftigtem (Odyssee-Indikatoren<sup>16</sup> und eigene Berechnungen<sup>13,30</sup>).

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Bezug zur Wertschöpfung sind in Abbildung 10 dargestellt.<sup>xxii</sup> Die Darstellungen verdeutlichen, dass die Emissionen im Dienstleistungssektor in die Schweiz über dem europäischen Durchschnitt liegen. Dies, obwohl in der Abbildung die für die Schweiz günstigere Wertschöpfung als Massstab genommen wurde. Werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Relation zu den Beschäftigten betrachtet (Abbildung 11), liegen die Schweizer Werte über jenen von Deutschland und Finnland. Nur in Irland, den Niederlanden und in Belgien sind die Emissionen pro Arbeitskraft im Dienstleistungsbereich höher als in der Schweiz.<sup>xxiii</sup>

<sup>xxii</sup> Die Emissionen im Dienstleistungssektor wurden auf Basis der IEA Statistik *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 1971-2004* als Differenz der Positionen *Other sectors* und *Residential* berechnet. In den Werten sind somit nicht nur der Dienstleistungssektor enthalten, sondern auch der primäre Sektor (Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei) sowie Emissionen, die nicht eindeutig einem Sektor zugeordnet werden können. Beide Positionen sind relativ klein und für das Ergebnis nicht von grundlegender Bedeutung. Sie erklären jedoch die Abweichung zu anderen Statistiken.

<sup>xxiii</sup> In der Eurostat-Datenbank nicht ausgewiesen werden die Beschäftigtenzahlen im Dienstleistungssektor der Länder Grossbritannien, Griechenland, Österreich und Portugal. Diese Länder sind daher auch nicht in dem Schaubild abgebildet, sie fliessen ausserdem nicht in die Durchschnittsberechnung der EU-15 ein. Es ist jedoch davon auszugehen, dass in allen vier Ländern die Emissionen pro Beschäftigtem tiefer liegen als die Schweiz.

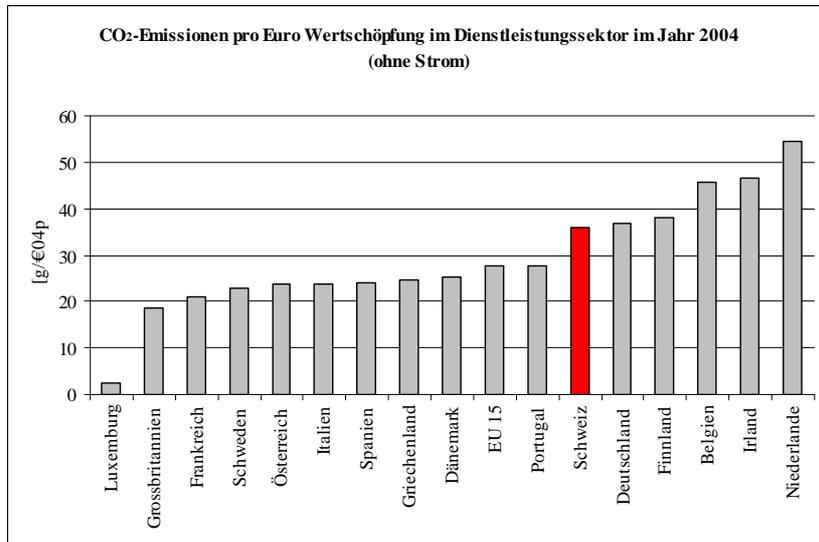


Abbildung 10: CO<sub>2</sub>-Emissionen pro € Wertschöpfung (ohne Emissionen der Stromerzeugung).<sup>9,17,18</sup>

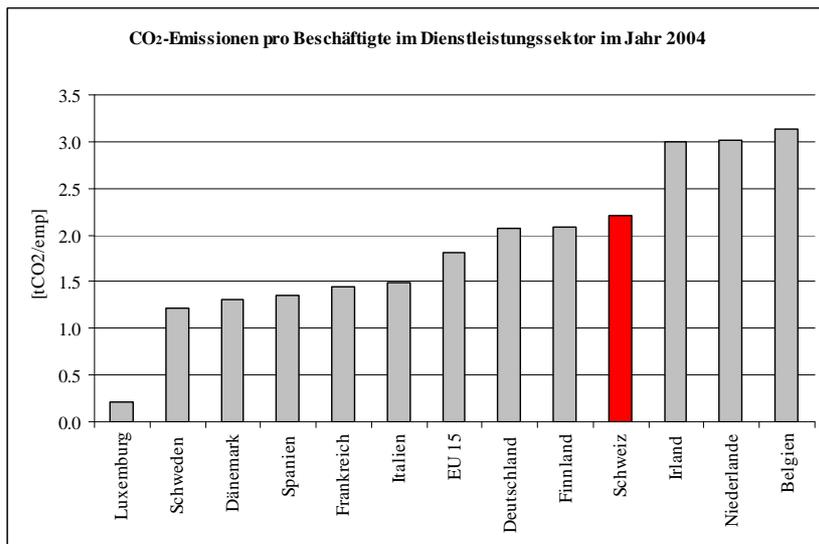


Abbildung 11: CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Beschäftigtem im Dienstleistungssektor.<sup>9,17</sup>

Abbildung 12 stellt die Emissionen pro Quadratmeter Bürofläche dar. Die Rangfolge ähnelt den Ergebnissen der Emissionen pro Angestellten (Abbildung 11). Dieses Resultat ist dahingehen die Konsequenz aus den relativ ähnlichen Büroflächen in den europäischen Ländern. Die Schweiz liegt mit 0.05 t CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> deutlich über dem Durchschnitt der EU-15 (0.03 t CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>), lediglich Italien, Irland, Belgien und Niederlande schneiden schlechter ab.

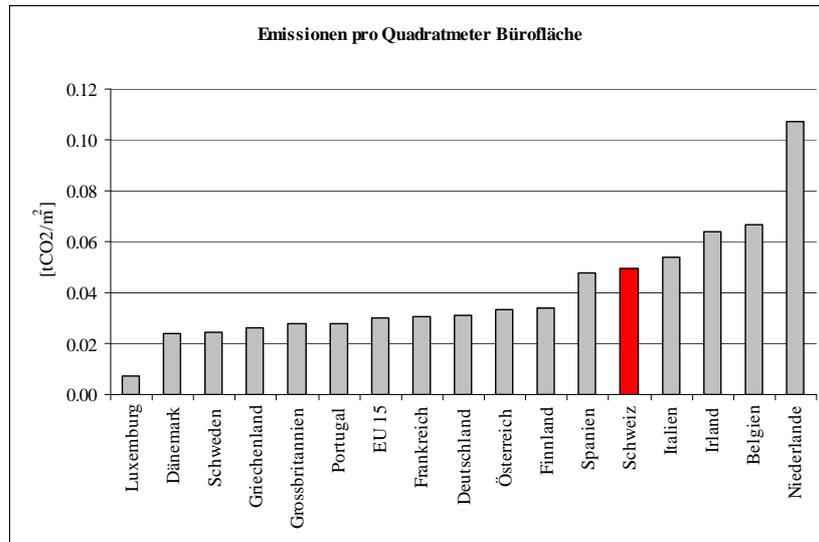


Abbildung 12: Emissionen im Dienstleistungssektor pro Quadratmeter Bürofläche.

#### 2.2.4. Fallstudie: Energieverbrauch für Raumkühlung

Der Bedarf an Kühlenergie hat in den letzten Jahrzehnten zugenommen. In den USA ist bereits heute jede sechste Kilowattstunde auf die Kühlung von Gebäuden zurückzuführen.<sup>31</sup> Prognosen sagen auch für Europa einen steigenden Energiebedarf zur Kühlung von Gebäuden voraus. Gründe dafür sind neben den sich ändernden klimatischen Verhältnissen u.a. die Veränderungen der Komfortbedürfnisse.

Welches Land bereits heute wie viel Strom zur Kühlung verbraucht lässt sich anhand eines Vergleichs des Stromverbrauchs in einem Sommermonat mit dem Verbrauch eines Monats, in dem der Bedarf an Heiz- und Kühlenergie in weiten Teilen Europas sehr gering ist, näherungsweise abschätzen: Der Quotient

$$(e_{\text{Juli}} - e_{\text{April}}) / e_{\text{Durchschnitt}} \quad (1)$$

zeigt an, wie der (relative) Energieverbrauch im Juli ( $e_{\text{Juli}}$ ) im Vergleich zum Energieverbrauch im April ( $e_{\text{April}}$ ) ausfällt. Die Division durch den durchschnittlichen Monatsverbrauch ( $e_{\text{Durchschnitt}}$ ) berücksichtigt einerseits die unterschiedliche Grösse resp. den unterschiedlichen Elektrizitätsverbrauch in den betrachteten Ländern, andererseits aber auch die steigende Nachfrage nach Energie über die Jahre insgesamt. Ist die Nachfrage im Juli höher, so wird dies in erster Linie auf den Betrieb von zusätzlichen Kühlaggregaten die im Sommer eingeschaltet werden, zurückgeführt, wobei auch Kühlschränke und Gefriertruhen einen signifikanten Beitrag leisten. Ohne verstärkte Kühlung wird hingegen ein tieferer

Energieverbrauch im Juli erwartet, weil beispielsweise aufgrund der Ferienzeit weniger gearbeitet wird oder weniger Energie für Beleuchtung notwendig ist.

Die Berechnung für die Schweiz und die EU-15 Länder zeigt, dass erwartungsgemäss vor allem die südeuropäischen Staaten in dem Monat Juli einen höheren Energiebedarf als im Monat April besitzen. Abbildung 13 stellt die Ergebnisse dar. Die Schweiz liegt mit einem Indikator von -0.06 im Mittelfeld. Bei diesem Indikator ist ein Nord-Süd-Gefälle zu erkennen. Die nordeuropäischen Länder brauchen im Sommer signifikant weniger Strom als im April, wobei zu beachten ist, dass insbesondere in Schweden und Finnland der Anteil an Stromheizungen gross ist. Die Länder Südeuropas weisen einen hohen Stromverbrauch in den Sommermonaten auf. Die Schweiz schneidet etwas besser ab als Länder mit vergleichbaren klimatischen Bedingungen wie Österreich und Deutschland.

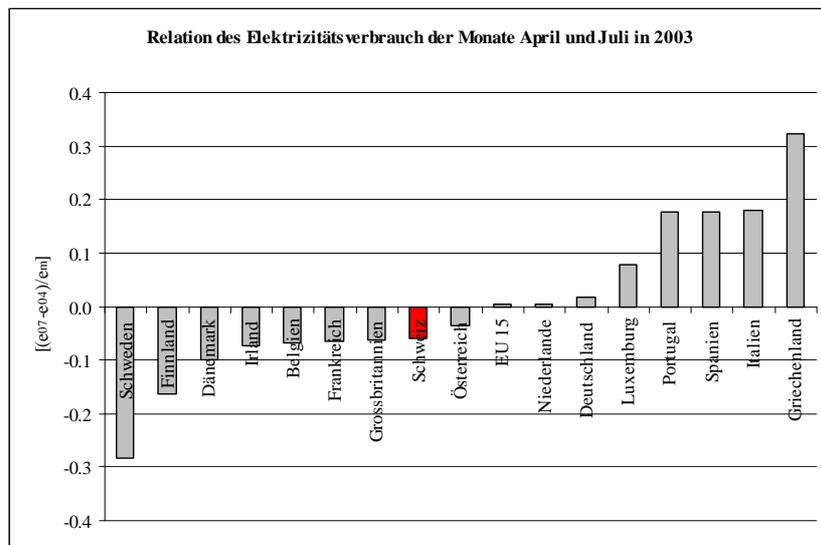


Abbildung 13: Relative Abweichung des Stromverbrauchs im Juli und April.<sup>31,32</sup>

Basierend auf der Zeitreihe 1985 bis 2003 findet Ecoheatcool einen Trend zu einem (relativ) höheren Bedarf an elektrischer Energie in den Sommermonaten, der auf die Zunahme bei der Raumkühlung zurückzuführen ist. Einfache Abschätzungen für die Schweiz ergeben keinen signifikanten Trend.

Die direkte Messung der in einem Land eingesetzten Energie zur Raumkühlung ist mangels Daten nicht möglich. Selbst Schätzungen sind u.a. wegen des schnell

wachsenden Marktes und der Vielzahl technischer Lösungen schwierig. In der Studie *Ecoheatcool Work Package 2 – The European Cold Market*<sup>31</sup> wird der European Cooling Index (ECI) entwickelt, der die geographische Verteilung des durchschnittlichen Kühlbedarfs aufzeigen soll. Er spiegelt die Notwendigkeiten zur Kühlung jedes einzelnen Landes wider.

Auf der Basis des ECI lassen sich Prognosen zum Stromverbrauch errechnen. Das gesamte potentielle Kühlbedarf in 32 europäischen Ländern (EU-25, EFTA-Staaten und EU-Beitrittskandidaten) wird auf jährlich knapp 1'400 TWh geschätzt, davon 560 TWh im Dienstleistungssektor.<sup>xxiv</sup> Für den Dienstleistungssektor in der Schweiz wird ein Kühlpotenzial von 10 TWh pro Jahr errechnet, weitere 10 TWh sind durch die Kühlung der Privathaushalte zu erwarten. Diese Potenziale basieren auf der Annahme, dass in allen genutzten Räumen Klimaanlage zum Einsatz kommen werden. Bei einem Einsatz von Kühlgeräten entsprechend dem Stand in den USA wären im Dienstleistungssektor der 32 europäischen Länder insgesamt 164 TWh notwendig, für die Schweiz 3 TWh. Bei einem angenommenen Sättigungsgrad, der etwas tiefer als der US-Standard liegt, würden im Dienstleistungssektor der Schweiz 2 TWh mehr Elektrizität verbraucht.

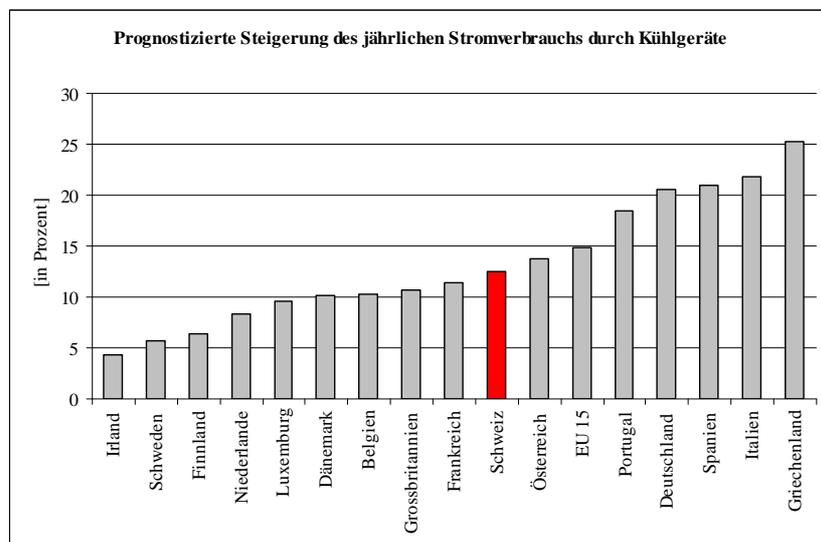


Abbildung 14: Anstieg der Nachfrage nach Elektrizität durch Kühlung im Dienstleistungssektor und bei privaten Haushalten bis 2018.<sup>9,31,32</sup>

<sup>xxiv</sup> Ausgenommen von den Berechnungen ist der gesamte Industriesektor sowie Prozesskühlungen (beispielsweise Kühlung von Essen).

Abbildung 14 zeigt den zu erwartenden Anstieg des Stromverbrauchs aufgrund des geschätzten Kühlbedarfs bis ins Jahr 2018. Die Daten zum Stromverbrauch stammen aus dem Jahr 2004. Aus Gründen der Datenverfügbarkeit werden Haushalte und Dienstleistungssektor in diesen Berechnungen gemeinsam betrachtet.<sup>xxv</sup> Im europäischen Vergleich liegt die Schweiz bei einer leicht unterdurchschnittlichen Zunahme. Für Dienstleistungen und Haushalte wird eine Zunahme von 12.5% prognostiziert, für die EU15 wird ein Wert von 14.9% erwartet.

### **2.2.5. Interpretation der Ergebnisse**

Grundsätzlich schneidet die Schweiz bei den Wertschöpfungsindikatoren besser ab als bei den auf die Arbeitskräfte bezogenen Indikatoren. Dies ist primär auf die Tatsache zurückzuführen, dass in der Schweiz trotz Kaufkraftbereinigung im internationalen Vergleich eine hohe Wertschöpfung pro Arbeitskraft erzielt wird. Gleichzeitig sind die Büroflächen und Zahl der Geräte pro Angestellten in der Schweiz vergleichsweise gross.

Im Gegensatz zum Industriesektor kann die Schweiz im Dienstleistungssektor keinen internationalen Spitzenplatz einnehmen. Die Werte der Indikatoren sind allenfalls durchschnittlich. Die Indikatoren wurden zwar nicht klimakorrigiert, doch zeigen die Resultate keinen offensichtlichen Nord-Süd Trend. Bei Energieverbrauch, Stromverbrauch und die Emissionen scheinen also noch Einsparpotenziale vorzuliegen.

## **2.3. Haushalte**

### **2.3.1. Strukturelle Besonderheiten des Sektors Haushalte**

Die privaten Haushalte in der Schweiz und in anderen europäischen Ländern unterscheiden sich unter anderem bezüglich Wohnfläche pro Person, Alter der Gebäude, Anteil der Einfamilienhäuser, Gebäudehülle, Effizienz der Heizsysteme, Heizenergiemix, Anzahl Geräte etc. Diese und andere Faktoren beeinflussen den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen des Haushaltssektors.

---

<sup>xxv</sup> Die beiden Sektoren haben einen Anteil von je ca. 50% an dem zukünftigen Bedarf an Kühlenergie. Für die 32 betrachteten Länder wird im Haushaltssektor ein Bedarf von insgesamt 129 TWh und für den Dienstleistungssektor ein Bedarf von 135 TWh prognostiziert.

Die Schweizerinnen und Schweizer bewohnten im Jahre 2004 durchschnittlich 46 m<sup>2</sup> (Anhang 1).<sup>33</sup> In Deutschland wurden 2004 pro Kopf rund 5 m<sup>2</sup> weniger Wohnfläche in Anspruch genommen (40.8 m<sup>2</sup>)<sup>34</sup>. Nur Dänemark lag der Bedarf an Wohnfläche mit 50.6 m<sup>2</sup>/Kopf (2003)<sup>35</sup> über jenem in der Schweiz. Der Anteil der Einfamilienhäuser am gesamten Gebäudebestand betrug in der Schweiz im Jahr 2000 56%. Bei den BewohnerInnen von Wohnungen sind 60% MieterInnen und 34.6% EigentümerInnen.<sup>36</sup>

Im Vergleich zu den Ländern der Europäischen Union weist die Schweiz einen relativ jungen Gebäudebestand auf (Anhang 2). 48% der Wohngebäude wurden vor 1960 gebaut. Nur Finnland, Spanien, Portugal und die Niederlande zeigen einen geringeren Anteil von vor 1960 erbauten Gebäuden. Diese Zahlen sagen aber nichts aus über die Bauweise, die Gebäudehülle und die Renovationstätigkeit in den verschiedenen Ländern. Diese Faktoren beeinflussen jedoch wesentlich den Energieverbrauch der Haushalte.

### **2.3.2. Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen**

In der Schweiz betrug der Endenergieverbrauch der Haushalte im Jahre 2004 250'870TJ, was 28.6% des gesamten Energieverbrauchs entspricht (Tabelle 11).<sup>8</sup> Die Verbrauchszahlen der Haushalte in den verschiedenen Ländern der EU-15 wurden von der OECD in einer Studie zusammengestellt (Tabelle 11).<sup>2</sup> Darin wird für die Schweiz ein leicht höherer Energieverbrauch ausgewiesen. Der Endenergieverbrauch der Haushalte in der EU-15 lag bei 11'786'407 TJ, was 25% des gesamten Verbrauchs ausmachte.<sup>16</sup>

Beim Vergleich der relativen Anteile der verschiedenen Energieträger zeigen sich erhebliche Unterschiede zwischen den Ländern. In der Schweiz ist der Anteil von Erdöl sehr hoch, der Anteil von Gas niedrig und der Anteil von Kohle vernachlässigbar. In Grossbritannien, den Niederlanden und Italien ist der Anteil von Gas sehr hoch. In Irland wird Kohle zu einem beträchtlichen Ausmass als Brennstoff verwendet. Der relative Anteil von Elektrizität ist in Schweden am höchsten (elektrische Heizungen). Die übrigen Energieträger (Geothermie, Solarenergie, Fernwärme, erneuerbare Energien) haben in Schweden, Finnland und Dänemark das grösste Gewicht.

*Tabelle 11: Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen in der Schweiz und in der EU-15 Staaten.*<sup>7,42,45</sup>

	Energieverbrauch [TJ]	Erdöl [%]	Gas [%]	Kohle [%]	Elektrizität [%]	Übrige [%]	Emissionen [Gg CO <sub>2</sub> e]
Schweiz	252'204	50.9	18.4	0.1	24.4	6.2	11'850
EU15	11'786'407	18.8	44.1	1.3	21.5	14.3	426'873
Belgien	437'149	34.7	40.1	1.4	21.9	1.9	22'885
Dänemark	181'669	15.0	18.3	0.0	20.5	46.3	4'177
Deutschland	3302'330	21.9	40.0	0.9	15.3	21.9	116'171
Finnland	210'642	16.8	0.6	0.8	34.8	47.0	2'747
Frankreich	2'095'886	20.1	38.9	0.9	25.2	15.0	67'782
Griechenland	221'244	57.6	0.7	0.1	27.4	14.1	9'807
Grossbritannien	2'021'517	5.9	70.6	2.4	20.6	0.6	88'722
Irland	132'642	34.2	20.8	23.6	20.0	1.4	6'890
Italien	1'331'727	18.5	59.8	0.0	18.0	3.7	51'744
Luxemburg	29'205	43.8	40.3	0.1	9.9	5.9	623
Niederlande	472'622	0.5	77.8	0.0	17.9	3.7	19'429
Österreich	299'912	24.9	23.2	2.2	20.1	29.6	10'009
Portugal	131'748	22.5	6.4	0.0	34.0	37.1	2'587
Schweden	299'217	7.0	1.1	0.0	49.8	42.1	3'648
Spanien	618'897	28.8	22.8	1.0	33.8	13.7	19'652

Bei den Treibhausgasemissionen beträgt der Anteil der Haushalte an den Gesamtemissionen in der Schweiz 22.6%.<sup>6</sup> In der EU-15 liegt der Beitrag der Haushalte an den Gesamtemissionen bei 12%.<sup>7</sup>

### 2.3.3. Indikatoren zu Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen

#### *Indikatoren*

Für den Vergleich des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen des Haushaltsektors in der Schweiz und den Staaten der EU-15 schlagen wir fünf Indikatoren vor, die in der Folge kurz beschrieben sind. Die Indikatoren wurden aus bestehenden Studien<sup>2,16</sup> zusammengetragen und aufgrund der strukturellen Besonderheiten der Schweiz sowie anderen Kriterien ausgewählt und ergänzt:

- 1. Energieverbrauch pro Person:** Darin sind alle Energieträger und Verwendungszwecke in den Haushalten enthalten.
- 2. Heizenergieverbrauch pro Person (mit und ohne Klimakorrektur):** Der Heizenergieverbrauch pro Person im Sektor Haushalte hängt primär von den klimatischen Bedingungen, dem Heizenergieverbrauch pro

Wohnfläche, der Wohnfläche pro Person und dem Anteil nutzbarer Energie und Endenergie bei Heizsystemen ab. Der letzte Faktor ist schwierig international zu erfassen und wird aus diesen Gründen hier nicht betrachtet:

$$E_{H,pers} = E_H/A * A/B * k \quad (2)$$

$E_{H,pers}$	Heizenergie pro Kopf [GJ/Person]
A	Totale Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]
$E_H$	Totaler Heizenergieverbrauch [GJ]
B	Gesamtbevölkerung [Person]
k	Klimakorrektur [-]

k ist das Verhältnis der landesspezifischen Heizgradtagen<sup>xxvi</sup> und den durchschnittlichen Heizgradtagen der EU-15 (Anhang 4).

3. **Heizenergieverbrauch pro Wohnfläche (klimakorrigiert):** Der Heizenergieverbrauch pro Wohnfläche ist ein Mass für die wärmetechnische Güte der Gebäude (Heizung und Gebäudehülle).
4. **Energieverbrauch für elektrische Geräte und Licht pro Person:** Der Energieverbrauch für elektrische Geräte und Licht umfasst den Verbrauch für Licht, Waschmaschinen, Trockner, Geschirrspülmaschinen, Kühlschränke, Gefrierschränke und weitere elektrische Geräte. Nicht dazu gehört der Energieverbrauch für die Warmwasserbereitstellung.
5. **Treibhausgasemissionen pro Person:** Bei den Treibhausgasen werden nur CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> berücksichtigt (In den Haushalten werden auch in geringen Mengen N<sub>2</sub>O emittiert, welche sich aber kaum auf die Resultate auswirken).

Weitere Indikatoren, wie beispielsweise der Marktanteil von CFL Lampen oder der Energieverbrauch von Kühlschränken und Gefriertruhen, werden in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt. Gründe dafür sind der geringe Anteil der Beleuchtung am gesamten Energieverbrauch und den gesamten Treibhausgasemissionen (CFL Lampen) und die schlechte Datenlage (Kühlschränke, Gefriertruhen).

---

<sup>xxvi</sup> Entsprechend der Definition des World Resources Institut<sup>27</sup> werden die Heizgradtage in Bezug zur Aussenlufttemperatur von 18°C berechnet.

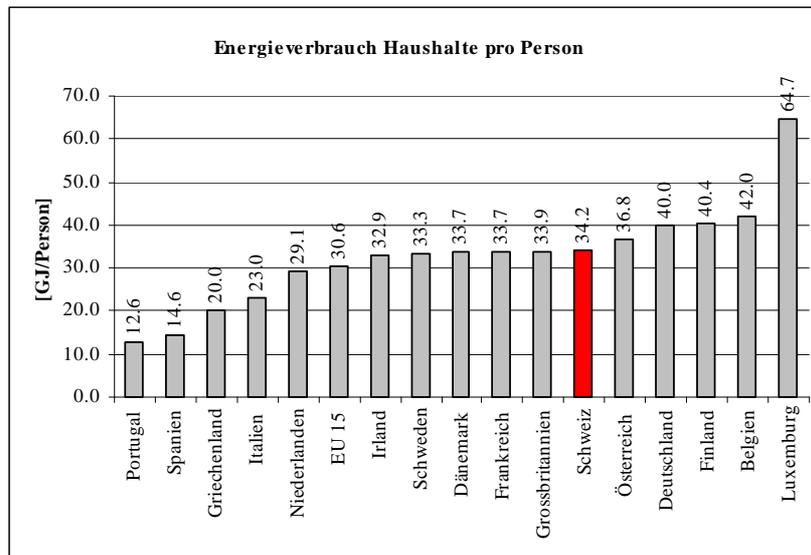


Abbildung 15: Gesamtenergieverbrauch der Haushalte im Jahr 2004.<sup>9,13</sup>

### *Energieverbrauch pro Person*

In Abbildung 15 ist der Energieverbrauch pro Person in den Haushalten der europäischen Länder im Jahr 2004 einander gegenübergestellt. In der Schweiz liegt der Verbrauch mit 34.2 GJ pro Person deutlich über dem durchschnittlichen Verbrauch in der EU-15 (30.6 GJ/Kopf). Höhere Werte verzeichnen Luxemburg, Belgien, Finnland, Deutschland und Österreich. In den südlichen Ländern Portugal, Spanien, Griechenland und Italien ist der Verbrauch am geringsten. Es fällt auf, dass in den nördlichen Ländern Schweden, Dänemark, Grossbritannien und den Niederlanden trotz kaltem Klima der Pro-Kopf-Verbrauch tendenziell tiefer ist als in der Schweiz.

### *Heizenergieverbrauch pro Person (mit und ohne Klimakorrektur)*

Für den Heizenergieverbrauch pro Person liegt keine gesamteuropäische Statistik vor. Für ausgewählte europäische Länder wurden die Werte ermittelt. Sie sind in Abbildung 16 dargestellt.

Von allen betrachteten Ländern ist der Energieverbrauch für Heizung ohne Klimakorrektur (hellgraue, resp. oranger Balken) in der Schweiz mit 7'503 kWh/Kopf am höchsten. Dies ist unter anderem durch die klimatischen Verhältnisse bedingt, wie der Vergleich mit den klimakorrigierten Werten zeigt. Der klimakorrigierte Heizenergieverbrauch pro Person ist in der Schweiz am vierthöchsten. In

Deutschland ist er rund 3.5% höher, in Österreich rund 4% tiefer. Auffallend niedrige Werte weisen Finnland, die Niederlande, Schweden und Dänemark auf, was einerseits als Indiz für die vergleichsweise geringe Wohnfläche pro Person (Finnland) und andererseits für wärmetechnisch gute Häuser (Niederlande, Schweden, Dänemark) gedeutet werden kann (vgl. auch nächster Indikator).

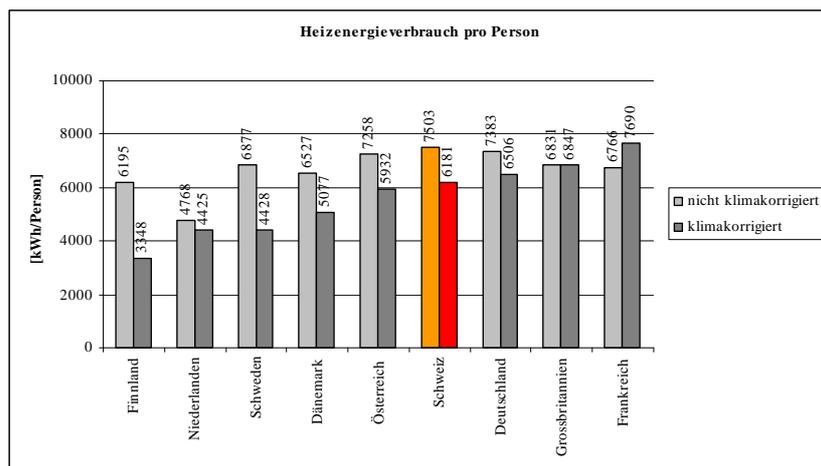


Abbildung 16: Energieverbrauch für Heizung mit und ohne Klimakorrektur. <sup>35,37,38,39</sup>

#### *Klimakorrigierter Energieverbrauch pro Wohnfläche*

Der Vergleich des klimakorrigierten Heizenergieverbrauchs pro Wohnfläche ist ein aussagekräftiger Indikator für die Heizgewohnheit der Bevölkerung und für wärmetechnische Güte der Wohngebäude. Im Vergleich mit den ausgewählten europäischen Ländern (Abbildung 17) liegt die Schweiz im Mittelfeld. Am schlechtesten schneidet Frankreich ab, wo im Mittel über 200 kWh/m<sup>2</sup> Energie für Heizzwecke verbraucht wird. In Österreich, Deutschland und Grossbritannien liegt der Quadratmeterverbrauch rund 10% höher als in der Schweiz, in Finnland, Schweden, Dänemark und den Niederlanden rund 20 bis 30% tiefer.

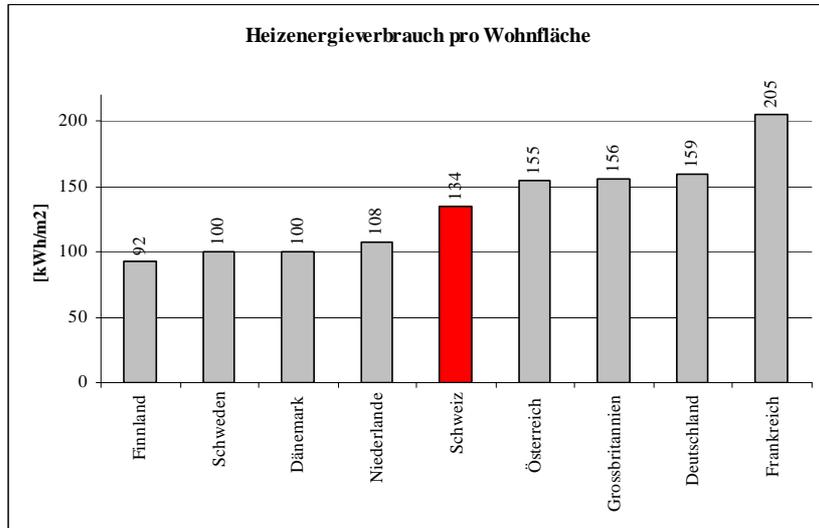


Abbildung 17: Klimakorrigierter Heizenergieverbrauch pro Wohnfläche in Ausgewählten europäischen Ländern. <sup>33, 35, 38, 39</sup>

### Energieverbrauch für Elektrische Geräte und Licht

Der Energieverbrauch für elektrische Geräte und Licht pro Kopf ist in der Schweiz ausgesprochen hoch. Mit 1824 kWh/Kopf praktisch gleich gross wie in Finnland (1833 kWh/Kopf). In Österreich beträgt der Wert ungefähr die Hälfte, in Deutschland ungefähr 60% des Schweizer Verbrauchs.

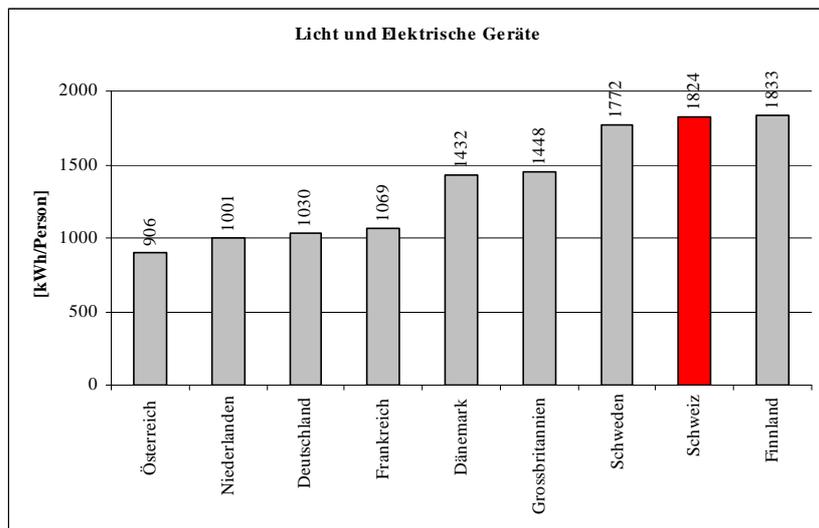


Abbildung 18: Energieverbrauch für Licht und elektrische Geräte in ausgewählten europäischen Ländern. <sup>33, 35, 38, 39</sup>

### Treibhausgasemissionen pro Kopf

Die Treibhausgasemissionen der Haushalte liegen in der Schweiz mit 1.6 t CO<sub>2</sub>e/Kopf rund 0.5 t CO<sub>2</sub>e/Kopf höher als in der EU-15 (Abbildung 19). Nur Irland mit 1.7 t CO<sub>2</sub>e/Kopf und Belgien mit 2.2 t CO<sub>2</sub>e/Kopf weisen höhere Emissionen als die Schweiz auf. In Deutschland und Finnland liegen die Pro-Kopf-Emissionen trotz eines höheren Energieverbrauchs (vgl. Abbildung 15) rund 10% resp. 70% tiefer als in der Schweiz. Gründe dafür sind u.a. die kleinere Wohnfläche pro Person sowie die Unterschiede bei den Heizenergieträgern (hoher Anteil an Gas in Deutschland und Elektroheizungen Finnland).<sup>xxvii</sup> In Österreich liegen die Pro-Kopf-Emissionen rund 25% tiefer als in der Schweiz, was einerseits in der geringeren Wohnfläche und andererseits im Energiemix für Heizungen (grösserer Anteil erneuerbarer Energien) in Österreich begründet ist.

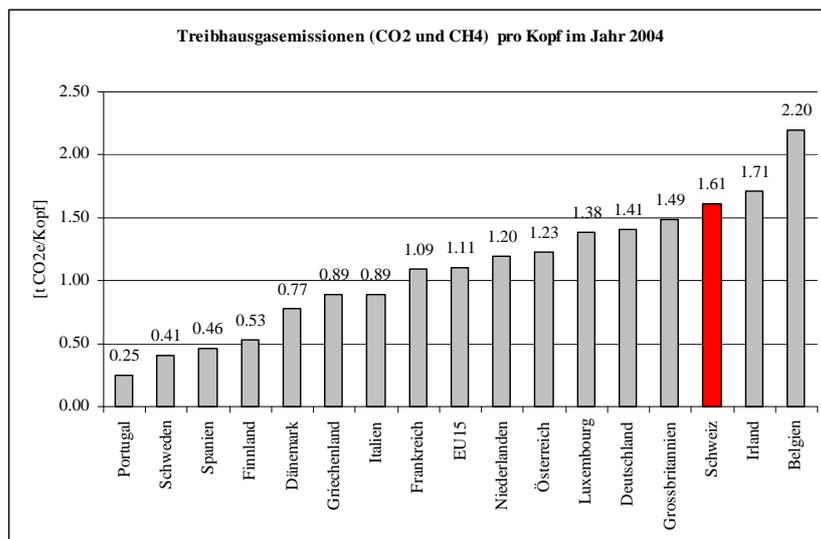


Abbildung 19: Treibhausgasemissionen pro Kopf im Sektor Haushalte im Jahr 2004.<sup>7,42,6</sup>

#### 2.3.4. Fallstudie: Energieeffizienz grosser elektrischer Geräte

Der Indikator „Energieverbrauch für elektrische Geräte und Licht“ zeigte auf, dass die Schweiz im Vergleich mit den EU-15-Staaten für Geräte und Licht den zweithöchsten Energieverbrauch verzeichnet (1824 kWh pro Kopf). In der Fallstudie wird der Verbrauch für die grossen elektrischen Geräte genauer

<sup>xxvii</sup> Die Treibhausgasemissionen, die bei der Stromproduktion entstehen, sind in diesen Werten nicht berücksichtigt.

untersucht. Wichtige Einflussgrössen auf den Energieverbrauch bei elektrischen Geräten sind:

1. Dauer der Verwendung elektrischer Geräte
2. Energieeffizienz elektrischer Geräte
3. Anzahl elektrischer Geräte pro Haushalt
4. Art der Nutzung (z.B. hängt bei Waschmaschinen der Verbrauch stark vom gewählten Programm ab)

Für die Einflussfaktoren 1., 3. und 4. sind keine Daten für einen internationalen Vergleich greifbar. Für die Energieeffizienz der elektrischen Geräte existiert hingegen mit der Energieetikette eine europaweit einheitliche und vergleichbare Grösse (inkl. Schweiz). Als Mass der Energieeffizienz von Haushaltsgeräten ist also der Indikator „Marktanteil von Label A“ eine wichtige Messgrösse.

Bei allen betrachteten grossen Geräten ist der Anteil der Klasse A Geräte in der Schweiz mindestens gleich hoch, wie im Durchschnitt der EU Länder (vgl. Abbildung 20). Im Vergleich mit Deutschland schneidet die Schweiz aber relativ schlecht ab.

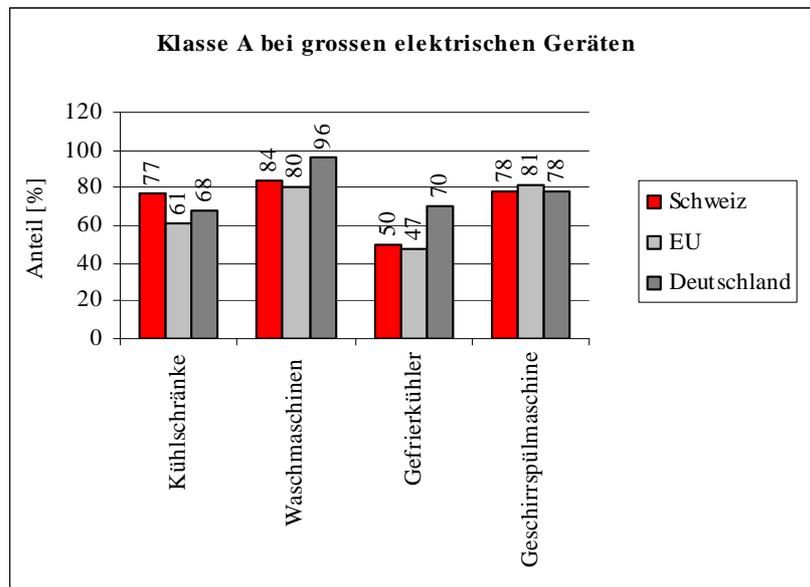


Abbildung 20: Anteile der Verkäufe von elektrischen Geräten der Klasse A. Bezugsjahr der Schweizer Daten: 2003, EU Daten: 2004. Die EU beinhaltet folgende Länder: Belgien, Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Italien, Österreich, Niederlande, Portugal, Schweden, Spanien.<sup>40, 41</sup>

Der hohe Energieverbrauch durch elektrische Geräte in der Schweiz zeigt also keinen Zusammenhang mit dem Marktanteil energieeffizienter Geräte. Somit muss der Grund für den hohen Verbrauch in der Nutzungsart, Nutzungsdauer oder der Anzahl Geräte pro Haushalt liegen.

### **2.3.5. Interpretation der Ergebnisse**

Die Schweiz weist im europäischen Vergleich hohe Treibhausgasemissionen pro Kopf im Haushaltssektor auf. Mit 1.6 t CO<sub>2</sub>e/Kopf liegt sie an dritter Stelle in der Rangliste der EU-15 Länder. Die hohen Pro-Kopf-Emissionen sind bedingt durch den hohen Heizenergieverbrauch (Abbildung 16) und den hohen Erdöl-Anteil bei Brennstoffen (Tabelle 11, Seite 38). Andere Länder weisen einen treibhausgasärmeren Heizenergiemix auf.

Der hohe Heizenergiebedarf ist hauptsächlich auf die grosse Wohnfläche pro Person zurückzuführen. Im Vergleich zu ausgewählten europäischen Ländern ist der Bedarf an Wohnfläche in der Schweiz mit 46 m<sup>2</sup>/Kopf nach Dänemark (51 m<sup>2</sup>/Kopf) am zweithöchsten (Anhang 1). Aber auch beim Heizenergieverbrauch pro Wohnfläche (Abbildung 17) zeigt sich, dass in der Schweiz insbesondere im Vergleich zu Schweden, Dänemark, Finnland und den Niederlanden ein erhebliches Verbesserungspotenzial besteht. In diesen Ländern liegt der Heizenergieverbrauch pro Quadratmeter rund 20 bis 30% tiefer als in der Schweiz.

Der Elektrizitätsverbrauch pro Kopf ist in der Schweiz um 0.5 MWh höher als in der EU-15 (Anhang 3) Frankreich, Belgien, Finnland und Schweden sind EU-Länder mit einem höheren Verbrauch als die Schweiz. Beim Verbrauch für Licht und elektrische Geräte verzeichnet die Schweiz den zweithöchsten Verbrauch (1824 kWh/Person); nur in Finnland ist er noch höher (1833 kWh/Person). Die unterschiedliche Reihenfolge beim Elektrizitätsverbrauch und beim Verbrauch durch Licht und Geräte ist darin begründet, dass in einzelnen Ländern teilweise beträchtliche Strommengen für Heizzwecke verwendet werden. So ist beispielsweise der Stromverbrauch in Schweden mit 4.6 MWh/Person doppelt so hoch wie in der Schweiz, der Verbrauch für elektrische Geräte und Licht liegt aber mit 1.8 MWh/Person unter dem schweizerischen Verbrauch.

## 2.4. Verkehr

### 2.4.1. Strukturelle Besonderheiten des Sektors Verkehr

In der Schweiz lag die Verkehrsleistung im Personenverkehr 2004<sup>36</sup> bei 111'712 Mio. Pkm<sup>xxviii</sup>. Davon entfielen 14'914 Mio. Pkm auf den Schienenverkehr, 4'855 Mio. Pkm auf den öffentlichen Verkehr (ÖV) auf der Strasse und 91'943 Mio. Pkm auf den motorisierten Individualverkehr (MIV). Personenwagen (PW) leisteten einen Beitrag von 87'127 Mio. Pkm.

Im Schweizer Güterverkehr belief sich die Verkehrsleistung im Jahr 2004<sup>47</sup> auf 25'648 Mio. tkm<sup>xxix</sup>. Die Transportleistung auf der Strasse lag bei 15'403 Mio. tkm, jene auf der Schiene bei 10'245 Mio. tkm. Der alpenquerende Güterverkehr lag bei 22.9 Mio. tkm auf der Schiene und bei 12.5 Mio. tkm auf der Strasse.

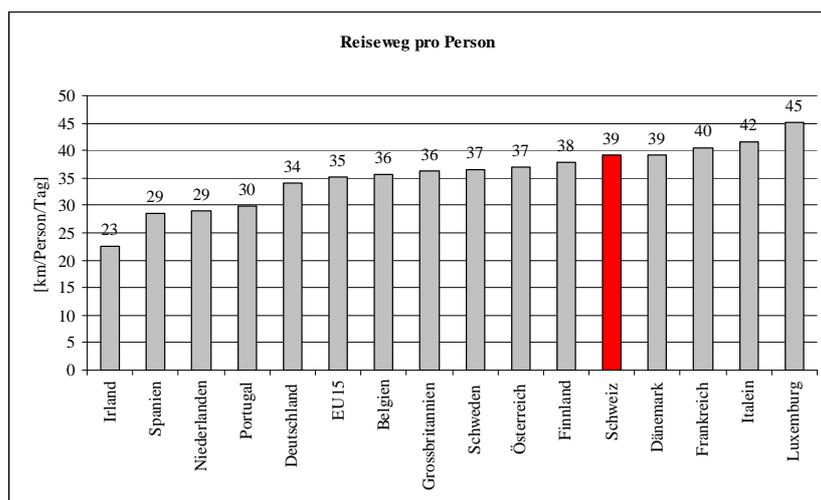


Abbildung 21: Reiseweg pro Person im Jahr 2003.<sup>42, 43</sup>

Die durchschnittliche tägliche Reisedistanz pro Person lag 2003 in der Schweiz gemäss Eurostat<sup>43</sup> bei 39 km (Abbildung 21).<sup>xxx</sup> Im Vergleich zu den Ländern der EU-15 liegt die Schweiz mit Dänemark an vierter Stelle. Nur die Einwohner von Frankreich, Italien und Luxemburg legen grössere Distanzen pro Tag zurück. In

<sup>xxviii</sup> Personenkilometer (Pkm): Transport einer Person über eine Distanz von einem Kilometer.

<sup>xxix</sup> Tonnenkilometer (tkm): Transport einer Tonne Material über eine Distanz von einem Kilometer.

<sup>xxx</sup> Gemäss Mikrozensus (BFS: Mobilität in der Schweiz - Ergebnisse des Mikrozensus 2005 zum Verkehrsverhalten) betrug die Tagesdistanz in der Schweiz im Jahre 2005 37 km. Für diese Studie wird mit den Angaben von Eurostat gerechnet, da dieser Datensatz alle untersuchten Länder umfasst und dadurch eine einheitliche Erfassung gewährleistet werden kann.

der EU-15 beträgt die tägliche Reisedistanz im Mittel 35 km. In Irland, Spanien und den Niederlanden beträgt sie weniger als 30 km pro Tag. Auch der Anteil des Freizeitverkehrs ist in der Schweiz mit 44% hoch.<sup>36</sup> In den meisten übrigen europäischen Ländern liegt er bei ungefähr 30%.<sup>44</sup>

Die Aufteilung des Personenverkehrs auf die verschiedenen Verkehrsträger in der Schweiz und in Europa ist in Abbildung 22 dargestellt. In allen Ländern wird rund 4/5 der täglichen Reisedistanz im PW zurückgelegt. Im europäischen Vergleich ist der Anteil der Bahn am täglichen Reisewege in der Schweiz am grössten. Mit 14% ist der Anteil des Bahnverkehrs mehr als doppelt so hoch wie in der EU-15 (6%). Hingegen ist der Anteil des Busverkehrs in der Schweiz am kleinsten. Von der täglichen Reisedistanz werden in der Schweiz nur 3% mit dem Bus zurückgelegt. Beim Anteil des ÖV (Bahn und Bus) liegt die Schweiz mit 17% im Mittelfeld der europäischen Länder<sup>xxxii</sup>. Irland weist mit 25% einen auffallend hohen Anteil auf und Grossbritannien ist mit nur 11% Bus- und Bahnverkehr stark auf den Personentransport per PW ausgerichtet.

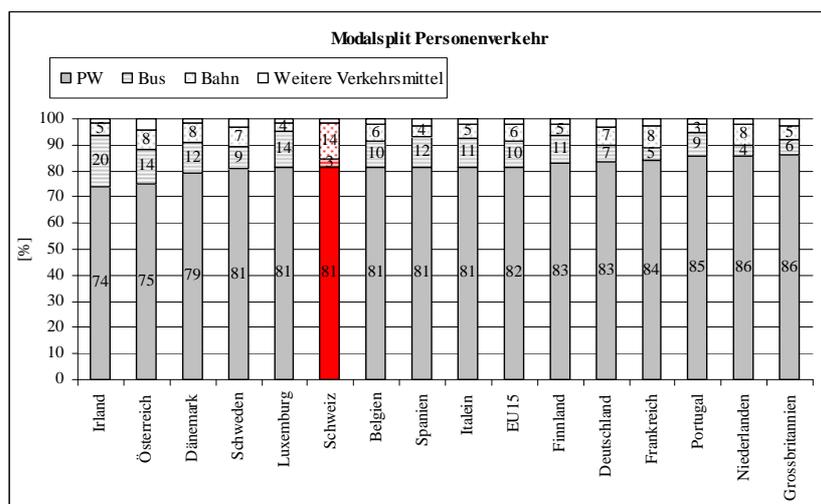


Abbildung 22: Relative Anteile der verschiedenen Verkehrsmittel an der täglichen Reisedistanzen 2003 (Modalsplit). Der Flugverkehr ist nicht eingeschlossen.<sup>42,43</sup>

In der Schweiz gab es 2004 ungefähr 3.8 Mio. PW.<sup>21</sup> Pro 1000 Personen waren es 514 PW.<sup>9</sup> Trotz gutem Angebot im Schienenverkehr liegt die Schweiz im europäischen Vergleich im vorderen Mittelfeld (Abbildung 23). Nur in

<sup>xxxii</sup> Gemäss Mikrozensus (BFS: Mobilität in der Schweiz - Ergebnisse des Mikrozensus 2005 zum Verkehrsverhalten) lag der Anteil des Bahn- und Busverkehrs 2005 bei 21%. Wir stützen uns bei unseren Berechnungen auf die internationalen Daten, um auf eine einheitliche Datengrundlage zurückgreifen zu können.

Deutschland, Portugal, Italien und Luxemburg werden mehr PW pro Person gezählt. In der EU-15 gibt es 495 PW pro 1000 Personen, in Dänemark und Griechenland sind es weniger als 400 PW pro 1000 Einwohner.

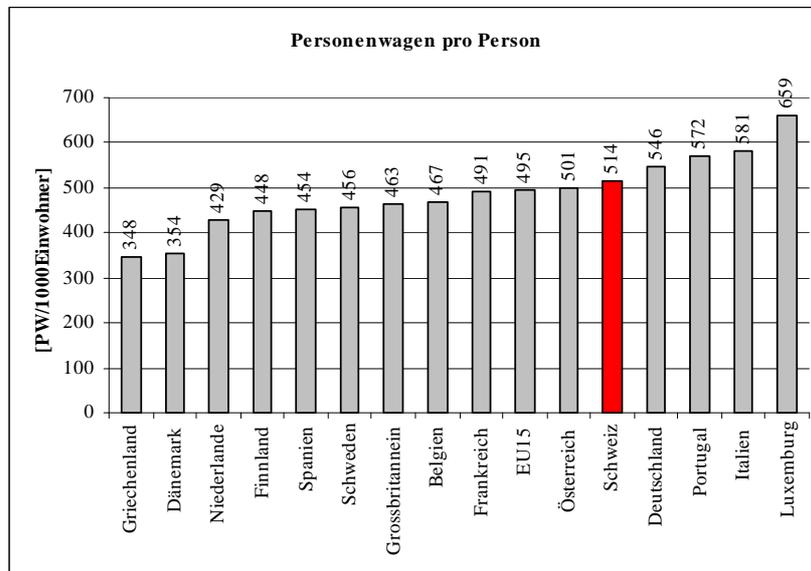


Abbildung 23: Personenwagen pro Person im Jahr 2004.<sup>42</sup>

#### 2.4.2. Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen

2004 verbrauchte der Verkehr in der Schweiz gemäss schweizerischer Gesamtenergiestatistik<sup>8</sup> 285'680 TJ Energie.<sup>xxxii</sup> Für diese Studie werden die Daten der IEA<sup>45</sup> verwendet, in denen der Luftverkehr getrennt ausgewiesen wird. Der Energieverbrauch wird mit 287'371 TJ angegeben. Gemäss schweizerischer Gesamtenergiestatistik<sup>8</sup> verbraucht der Verkehr 32.5% der gesamten Energie. In der Tabelle 13 sind die Anteile des Energieverbrauchs für die verschiedenen Verkehrsträger zusammengestellt. Der Anteil des Strassenverkehrs am verkehrsbedingten Energieverbrauch ist mit 78.6% am grössten. Der Anteil des Schienenverkehrs liegt bei 3.3%.

Auch in den Ländern der EU-15 macht der Strassenverkehr den grössten Anteil des Energieverbrauchs im Verkehrssektor aus. Im Durchschnitt der EU-15 liegt der Anteil bei 81.2%<sup>42</sup> und ist somit höher als in der Schweiz. Der Anteil des Schienenverkehrs am Gesamtverbrauch des Verkehrs ist in der Schweiz im

<sup>xxxii</sup> Darin sind Schienen-, Strassen- und der nationale und internationale zivile Luftverkehr enthalten.

Vergleich mit den EU15-Staaten am zweithöchsten (lediglich Österreich weist mit 3.9% einen höheren Wert auf).

*Tabelle 12: Energieverbrauch des Schienen-, Strassen-, Luft- und Wasserverkehrs 2004 in der Schweiz und in Europa (Berechnet nach Inlandprinzip).<sup>42,45,46</sup>*

	Total [TJ]	Schiene [%]	Strasse* [%]	Luftverkehr Inland [%]	Luftverkehr internat. [%]	Binnenschiff-fahrt [%]
Schweiz	287'371	3.3	78.6	0.8	17.4	-*
EU15	13'625'547	2.4	81.2	2.0	12.8	2
Belgien	429'225	1.7	82.8	0.7	13.7	1
Dänemark	214'525	2.0	78.6	0.6	16.5	2
Deutschland	2'339'138	3.4	95.2	0.3	0.8	0
Finnland	471'957	0.9	34.9	12.7	49.7	2
Frankreich	2'172'864	2.5	81.5	0.3	15.1	1
Griechenland	334'802	0.8	75.3	5.1	10.4	8
Grossbritannien	2'286'388	2.8	72.0	2.8	20.3	2
Irland	193'563	0.9	82.4	0.8	15.4	0
Italien	1'844'267	2.0	88.7	0.4	8.4	1
Luxemburg	108'644	0.4	82.6	0.0	17.0	-
Niederlanden	635'067	1.2	72.5	0.4	23.9	2
Österreich	322'925	3.9	87.9	1.3	6.7	0
Portugal	305'862	0.9	86.8	2.1	9.8	0
Schweden	353'337	3.3	84.6	2.7	7.7	2
Spanien	1'612'984	2.7	79.9	5.1	8.3	4

\* nicht ausgewiesen

Die Treibhausgasemissionen des Verkehrs (Tabelle 13) in der Schweiz beliefen sich im Jahr 2004 auf 15'381 Gg CO<sub>2</sub>e. Diese entspricht einem Anteil von 29.4% der gesamten Treibhausgasemissionen der Schweiz.<sup>6</sup> Auch hier leistet der Strassenverkehr mit 97.6% den grössten Beitrag. Der Anteil der Emissionen des Schienenverkehrs ist in der Schweiz wegen der treibhausgasarmen Stromerzeugung klein (0.6%), obwohl der Anteil des Energieverbrauchs im Vergleich zu den EU-15 Ländern gross ist (vgl. oben).

Pro Person wurden 2004 in der Schweiz durch den Verkehr 2.1 t CO<sub>2</sub>e emittiert.<sup>6</sup> In der EU-15 betragen die verkehrsbedingten Emissionen im Mittel 2.3 t CO<sub>2</sub>e/Person.<sup>7</sup>

Tabelle 13: Treibhausgasemissionen des Schienen-, Strassen-, Luft- und Wasserverkehrs 2004 in der Schweiz<sup>6,46</sup> und in Europa.<sup>7,42</sup>

	Total [gG CO <sub>2</sub> e]	Schiene [%]	Strasse* [%]	Luftverkehr Inland** [%]	Binnenschiff- fahrt [%]
Schweiz	15'381	0.6	97.6	0.9	0.8
EU15	875'724	0.7	94.2	2.7	2.4
Belgien	27'143	0.4	98.2	0.0	1.3
Dänemark	13'332	1.6	93.7	1.0	3.7
Deutschland	168'758	1.0	95.9	2.6	0.5
Finnland	13'408	1.0	92.6	2.5	3.9
Frankreich	145'899	0.5	94.3	3.4	1.9
Griechenland	22'251	0.6	84.2	5.5	9.7
Grossbritannien	133'534	1.9	93.7	1.7	2.8
Irland	12'417	1.0	97.7	0.8	0.5
Italien	131'800	0.1	93.2	2.0	4.7
Luxemburg	7'267	0.3	99.6	0.0	0.1
Niederlande	35'376	0.3	97.2	0.1	2.4
Österreich	23'138	0.7	98.1	0.8	0.4
Portugal	20'030	0.4	96.5	2.0	1.1
Schweden	19'724	0.3	93.4	3.4	2.9
Spanien	101'648	0.3	91.5	5.8	2.4

\* Beim Strassenverkehr wird das Absatzprinzip angewendet.

\*\* Nur CO<sub>2</sub> Emissionen enthalten (N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> machen im Schweizer Luftverkehr nur 1% der Treibhausgasemissionen aus). Es wird mit dem Inlandprinzip gerechnet.

### 2.4.3. Indikatoren zu Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen

#### *Indikatoren*

In der Literatur findet sich eine Fülle von Indikatoren für den Verkehrssektor. Für die vorliegende Studie treffen wir eine kleine Auswahl aussagekräftiger Indikatoren. Dabei beschränken wir uns auf den Strassenverkehr:

- 1. Energieverbrauch des Personentransportes auf der Strasse:** Der Energieverbrauch wird pro Personenkilometer berechnet. Der Energieverbrauch pro Personenkilometer wird hauptsächlich durch folgende Faktoren beeinflusst: Personenauslastung der Fahrzeuge, Anteil ÖV/MIV und Treibstoffverbrauch der Fahrzeuge.
- 2. Treibstoffverbrauch der bestehenden PW-Flotte und neuer PW**

### 3. Treibhausgasemissionen der bestehenden PW-Flotte und neuer PW

Die Indikatoren 2 und 3 werden in der Fallstudie über den MIV (2.4.4.) diskutiert.

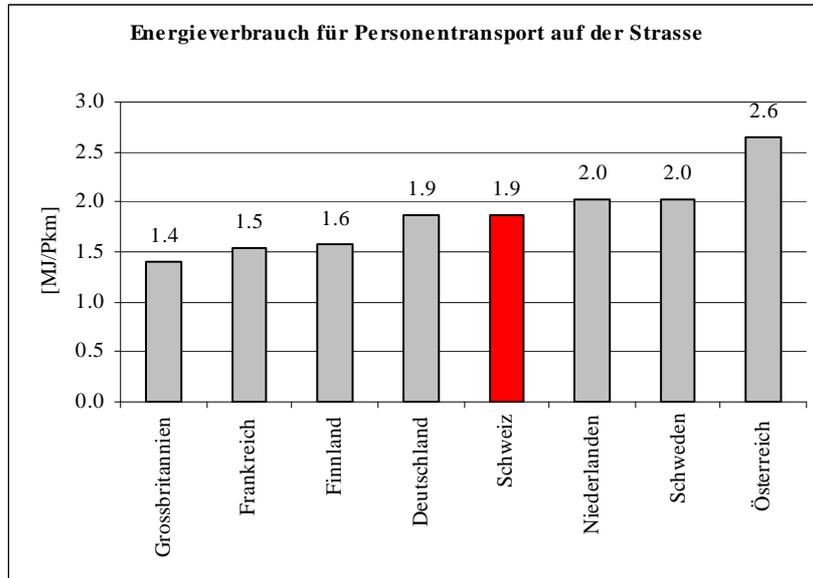


Abbildung 24: Energieverbrauch für den Personentransport auf der Strasse.<sup>16, 47</sup>

#### *Energieverbrauch des Personentransportes auf der Strasse*

Der Energieverbrauch des Personenverkehrs auf der Strasse pro Personenkilometer ist für die Schweiz und ausgewählte europäische Länder in Abbildung 24 dargestellt. Der Indikator weist tiefe Werte bei einer hohen Fahrzeugbelegung, bei einem niedrigen Treibstoffverbrauch und bei einem tiefen Verhältnis PW/Bus auf. Die Schweiz liegt mit 1.9 MJ/Pkm im Mittelfeld der betrachteten Länder. Grossbritannien, das den höchsten Anteil des Personenverkehrs auf der Strasse aufweist (Abbildung 22), erzielt den tiefsten Energieverbrauch pro Personenkilometer (1.4 MJ/Pkm). Dies kann als Hinweis auf eine hohe Belegung der Fahrzeuge gedeutet werden.

In Österreich ist der PW-Anteil am Personenverkehr klein (Abbildung 22), Trotzdem ist der Energieverbrauch des Personentransportes auf der Strasse gemäss Odyssee mit 2.6 MJ/Pkm europaweit am höchsten. In einer österreichischen Studie<sup>48</sup> wird der Energieverbrauch für den Personentransport auf der Strasse 2001 mit 1.9 MJ/Pkm ausgewiesen, was im europäischen Durchschnitt liegt. Der tiefere Wert scheint glaubwürdiger zu sein, da auch der Treibstoffverbrauch der österreichischen PW-Flotte (Tabelle 14) im europäischen Durchschnitt liegt.

#### 2.4.4. Fallstudie: Energieverbrauch des MIV

Der Strassenverkehr ist in der Schweiz für 78.6% des Energieverbrauchs und 97.6% der Treibhausgasemissionen des gesamten Verkehrs verantwortlich. Der Anteil des Personenverkehrs (MIV und ÖV) am Energieverbrauch des Strassenverkehrs beträgt 72%.<sup>46</sup> Der Anteil des MIV am Personenverkehr auf der Strasse (Modalsplit) beträgt 81% (Abbildung 22)<sup>xxxiii</sup>. Diese Zahlen verdeutlichen die Wichtigkeit des MIV sowohl für den Energieverbrauch als auch für die Treibhausgasemissionen. In den folgenden Abschnitten wird er mit weiteren Indikatoren vertieft analysiert.

##### *Diesel- und benzinbetriebene PW*

Der Treibstoffverbrauch und die Treibhausgasemissionen der PW werden durch die Effizienz der Motoren, die Grösse und das Gewicht der Autos und den Anteil der Diesel und Benzinmotoren beeinflusst. Diesel weist den grösseren Energieinhalt auf als Benzin (Diesel: 35.5 MJ/l; Benzin: 31.7 MJ/l).<sup>49</sup> Wegen der grösseren Dichte wird pro Liter Diesel aber rund 14% mehr CO<sub>2</sub> emittiert als pro Liter Benzin (Benzin: 2.33 kg CO<sub>2</sub>/l; Diesel: 2.66 kg CO<sub>2</sub>/l).

Der Anteil an Diesel PW an der Fahrzeugflotte ist in der Schweiz im Vergleich zu den EU-15 Ländern gering (Abbildung 25). Nur in Dänemark und Schweden ist der Anteil der dieselbetriebenen PW vergleichbar. Grosse Anteile (>20%) an Diesel-PW weisen Spanien, Frankreich, Belgien und Österreich auf. In Deutschland fahren 18% der PW mit Diesel.

##### *Treibstoffverbrauch neuer PW und der bestehenden PW-Flotte*

Im Vergleich zu den betrachteten Ländern der EU-15 ist der Treibstoffverbrauch der bestehenden PW-Flotte in der Schweiz mit 8.84 l/100 km am höchsten (Tabelle 14). Nur Schweden, das ein ähnliches Verhältnis von diesel- zu benzinbetriebenen PW aufweist, ist der Treibstoffverbrauch ähnlich hoch. In der EU-15 liegt der Verbrauch im Mittel 1.28 l/100 km tiefer. Die tiefsten Werte weisen Finnland (6.64 l/100 km) und Irland (6.92 l/100 km) auf. In Österreich, dem Land mit dem höchsten Anteil an dieselbetriebenen PW (Abbildung 25), liegt der durchschnittliche Treibstoffverbrauch 16.5% tiefer als in der Schweiz.

---

<sup>xxxiii</sup> Gemäss schweizerischen Mikrozensus 2005 beträgt der MIV im Jahre 2005 70%. Wir stützen uns auch hier auf die internationalen Daten, da so eine einheitlichere Grundlage gewährleistet wird.

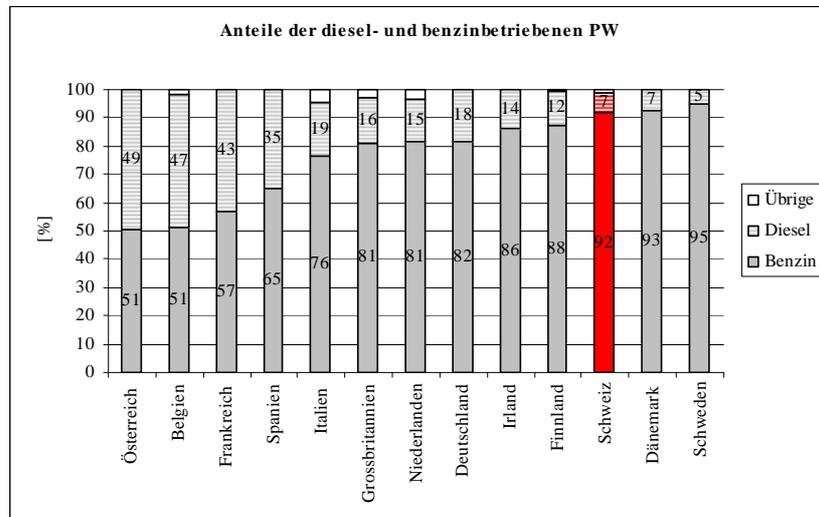


Abbildung 25: Anteile von Diesel und Benzin am Treibstoffverbrauch der PW 2004.<sup>43</sup>

Tabelle 14: Treibstoffverbrauch von PW im 2004.<sup>16, 50, 51, 52</sup>

	Treibstoffverbrauch, bestehende Flotte [l/100km]	Treibstoffverbrauch, neue PW [l/100km]**
Schweiz	8.84*	7.82
Deutschland	8.11	7.02
Luxemburg	-	6.55
EU15	7.56	6.48
Frankreich	7.17	5.99
Österreich	7.38	6.31
Finnland	6.64	7.41
Griechenland	7.64	7.06
Grossbritannien	7.52	6.89
Irland	6.92	6.90
Italien	-	5.86
Niederlande	8.04	7.00
Portugal	8.26	5.75
Schweden	8.7	8.22
Spanien	7.59	6.03

\* Berechnet als Summe des durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs von Diesel- und Benzinbetriebenen PW (THG Inventar) gewichtet mit ihrem Anteil an der Flotte.

\*\* Gewichtete Mittelwerte der ACEA, JAMA und KAMA Werte.

Bei den Neuwagen ist der Treibstoffverbrauch in der Schweiz mit 7.82 l/100 km hinter Schweden (8.22 l/100 km) am zweithöchsten. In der EU-15 liegt der durchschnittliche Verbrauch eines Neuwagens 1.34 l/100 km tiefer als in der Schweiz. Den geringsten Treibstoffverbrauch weisen Neuwagen in Portugal, Italien und Frankreich auf.

### Treibhausgasemissionen neuer PW und der bestehenden PW-Flotte

Im Jahr 2005 betrug die durchschnittlichen Emissionen der bestehenden PW-Flotte in der Schweiz gemäss dem Emissionshandbuch 200 g CO<sub>2</sub>/km (Emissionskategorie warm).<sup>53</sup> In Österreich und in Deutschland liegen die Emissionen der bestehenden Flotten bei 177 g CO<sub>2</sub>/km resp. 160 g CO<sub>2</sub>/km. Für andere Länder liegen keine entsprechenden Werte vor.

Die Emissionen der Neuwagen (Abbildung 26) waren 2004 in Schweden und in der Schweiz am höchsten. Der Wert für die Schweiz (192 CO<sub>2</sub>/km) liegt rund 20% über dem Durchschnittswert der EU-15 (162 CO<sub>2</sub>/km). Die tiefsten Werte verzeichnen Portugal (145 g CO<sub>2</sub>/km) und Italien (149 g CO<sub>2</sub>/km). In Deutschland emittierten Neuwagen 174 g CO<sub>2</sub>/km, in Österreich 161 g CO<sub>2</sub>/km.

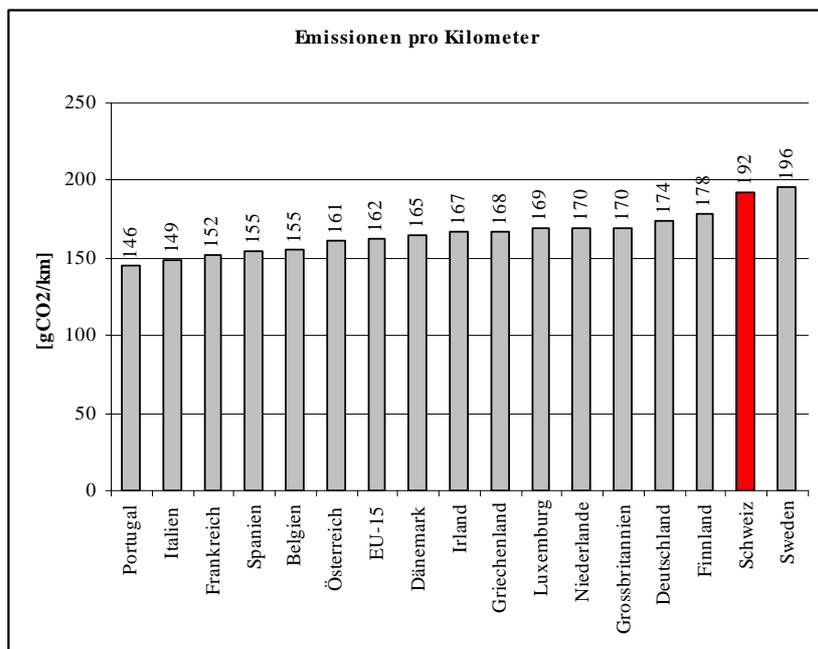


Abbildung 26: CO<sub>2</sub>-Emissionen neuer PW pro Fahrstrecke im Jahre 2004.<sup>51,52</sup>

#### 2.4.5. Interpretation der Ergebnisse

Der Strassenverkehr verursacht 97.6% der Emissionen des Verkehrs. Davon stammt der grösste Anteil vom MIV. Der Vergleich der Indikatoren verdeutlicht, dass in der Schweiz im Verkehr und insbesondere beim MIV ein grosses Potenzial zur Reduktion der Emissionen besteht:

- Die durchschnittliche tägliche Reisedistanz ist mit 39 km im Vergleich zu den übrigen europäischen Ländern relativ gross.
- Der Anteil benzinbetriebener PW beträgt 92% und ist im Vergleich zu den anderen Ländern hoch.
- Der durchschnittliche Treibstoffverbrauch der bestehenden PW-Flotte ist mit 8.84 l/100 km deutlich höher als in den anderen Ländern. Auch bei den Neuwagen ist der Verbrauch mit 7.82 l/100 km am höchsten.
- Die Emissionen von Neuwagen sind in der Schweiz mit 192 g CO<sub>2</sub>/km hinter Schweden (196 g CO<sub>2</sub>/km) deutlich höher als in den übrigen EU-15 Ländern.

Da die durchschnittliche Reisedistanz in den nächsten Jahren tendenziell steigen wird, können die Emissionen nur durch die Förderung von leistungs- und emissionsarmen Fahrzeugen und den Umstieg vom MIV auf den ÖV reduziert werden.

Auch im Gütertransport auf der Strasse ist der Energieverbrauch in der Schweiz pro Tonnenkilometer hoch im Vergleich zu anderen Ländern. Gründe dafür sind die möglicherweise schlechte Auslastung (Leerfahrten) sowie die Topographie. Wegen des hohen Schienenanteils beim Güterverkehr ist der hohe Energieverbrauch des Verkehrs für die Treibhausgasemissionen nicht so relevant.

### 3. Reduktionsziele für die volkswirtschaftlichen Sektoren

Abschliessend werden – im Sinne eines Gedankenexperiments – die erarbeiteten Informationen für die Ausgestaltung von Reduktionszielen für die Treibhausgasemissionen der volkswirtschaftlichen Sektoren verwendet. Dabei wird eine nationale Emissionsreduktionsverpflichtung auf die verschiedenen Sektoren entsprechend der bestehenden Reduktionspotenziale heruntergebrochen. Die Reduktionspotenziale sind in erster Näherung im internationalen Vergleich der ausgewählten Indikatoren ersichtlich (Kapitel 2). Der Vergleich der Indikatoren veranschaulicht, in welchen Sektoren die bisherigen Bemühungen zur Reduktion der Emissionen erfolgreich waren und wo technologischer Nachholbedarf besteht.

Reduktionsziele für die volkswirtschaftlichen Sektoren können wie folgt formuliert werden:

$$\begin{aligned}\Delta E &= z * E_{\text{ref}} \\ &= z_1 * E_{\text{ref},S1} + z_2 * E_{\text{ref},S2} \dots z_n * E_{\text{ref},Sn} \\ &= z_1 * a_1 * E_{\text{ref}} + z_2 * a_2 * E_{\text{ref}} \dots z_n * a_n * E_{\text{ref}} \quad (3)\end{aligned}$$

$\Delta E$  ist die absolute Emissionsreduktion [Mt CO<sub>2</sub>e/Jahr],  $z$  die nationale relative Reduktionsverpflichtung [-] und  $E_{\text{ref}}$  sind die Emissionen im Referenzjahr [Mt CO<sub>2</sub>e/Jahr].  $z_i$  ist das Reduktionsziel für den Sektor  $i$  [-],  $E_{\text{ref},Si}$  sind die Emissionen des Sektors  $i$  im Referenzjahr und  $a_i$  der relative Anteil der sektoriellen Emissionen an den gesamten Emissionen [%].

Die Reduktionsverpflichtungen der Länder  $z$  werden in den internationalen Klimaverhandlungen im Rahmen der Klimakonvention vereinbart. Für die erste Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls beträgt sie für die Schweiz 8% bezogen auf die Emissionen im Jahr 1990 ( $E_{\text{ref}}$ ). Die relativen Anteile der sektoriellen Emissionen ( $a_i$ ) ergeben sich aus dem fossilen Energieverbrauch des Sektors<sup>8</sup> und werden im Treibhausgasinventar<sup>6,26</sup> nachgeführt.

In den folgenden Abschnitten werden Reduktionsziele ( $z_i$ ) für die Sektoren Industrie, Dienstleistung, Haushalte und Verkehr diskutiert. Weil die Sektoren Landwirtschaft und Abfall in dieser Studie nicht behandelt wurden, werden für sie Reduktionsziele basierend auf *ad hoc* Annahmen abgeschätzt. Damit möchten wir unser Vorgehen illustrieren und keine effektiven Reduktionsziele vorwegnehmen.

### 3.1. Festlegung von Zielen für volkswirtschaftliche Sektoren

Bei der Festlegung der Reduktionsziele für die Sektoren müssen zunächst aussagekräftige Indikatoren bestimmt werden. Für die gewählten Indikatoren werden anschliessend die relativen Reduktionspotenziale als relative Abweichungen ( $D_i$ ) des Indikators der Schweiz ( $I_{CH}$ ) vom Referenzwert ( $I_{Ref}$ ) bestimmt:

$$D_i = (I_{CH} - I_{Ref}) / I_{Ref}$$

Die Reduktionsziele  $z_i$  für die einzelnen Sektoren berechnen sich sodann als

$$z_i = D_i * k$$

$k$  ist ein konstanter Skalierungsfaktor, der sich nach der nationalen relativen Reduktionsverpflichtung  $z$  in Formel (3) richtet:

$$\begin{aligned} k &= z * E_{ref} / (D_1 * E_{ref,S1} + D_2 * E_{ref,S2} + \dots + D_n * E_{ref,Sn}) \\ &= z / (D_1 * a_1 + D_2 * a_2 + \dots + D_n * a_n) \end{aligned} \quad (4)$$

Für die verschiedenen Sektoren wählen wir folgende aussagekräftige Indikatoren:

**Industrie:** *CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Wertschöpfung* (vgl. Abbildung 2)  
Die Wahl dieses Indikators basiert auf der Annahme, dass die Wertschöpfung massgebend für die Emissionen der Industrie ist.

**Dienstleistung:** *Energieverbrauch pro Bürofläche* (vgl. Abbildung 8)  
Der Energieverbrauch pro Bürofläche beinhaltet den Stromverbrauch für Geräte und den Heizenergieverbrauch. Letztere wird in den Studien nicht separat ausgewiesen.

**Haushalte:** *Heizenergie pro Wohnfläche* (vgl. Abbildung 17)  
Der Indikator zeigt auf, welche wärmetechnischen Verbesserungen möglich sind.

**Verkehr:** *Emissionen neuer PW pro Kilometer* (vgl. Abbildung 26)  
Dieser Indikator berücksichtigt, dass der MIV für den grössten Teil der verkehrsbedingten Emissionen verantwortlich ist.

Mögliche Referenzwerte  $I_{Ref}$  sind der Durchschnittswert der EU-15 oder der beste Wert im Indikatoren-Vergleich (*Best Practice*). Mit der Wahl der EU-15 als Referenz ergeben sich nur in jenen Sektoren Reduktionspotenziale, in denen der

Indikatorwert der Schweiz schlechter ist als jener der EU-15. Die Schweiz würde sich dem EU-Durchschnitt angleichen, unabhängig davon, was technologisch sinnvoll und machbar ist. Sinnvoller scheint die Ausrichtung der Sektoren nach der europäischen *Best Practice* und die Wahl der entsprechenden Referenz zu sein. Die besten Indikatorwerte gilt es jedoch kritisch zu hinterfragen, da sie z.T. auf strukturelle Unterschiede auf Branchenebene (vgl. 2.1.4. ) oder statistische Besonderheiten (Luxemburg) zurückzuführen sind.

Die Berechnung der relativen Reduktionspotenziale ist in Tabelle 15 dargestellt. Für den Industriesektor ist das relative Reduktionspotenzial null ( $D_{\text{industrie}}=0$ ), da beim Vergleich des gewählten Indikators die Schweiz die europäische *Best Practice* definiert ( $I_{\text{CH}}=I_{\text{Ref}}$ ). In den übrigen Sektoren sind die Werte relativ ausgeglichen; am grössten ist das relative Reduktionspotenzial bei den privaten Haushalten, gefolgt vom Dienstleistungssektor und vom Verkehr.

Tabelle 15: Berechnung der relativen Reduktionspotenziale für die Sektoren.

Sektor	Industrie	Dienstleistung	Haushalte	Verkehr
Indikator	Emissionen pro Wertschöpfung [g/€p]	Energieverbrauch pro Bürofläche [koe/m <sup>2</sup> ]	Heizenergie pro Wohnfläche [kWh/m <sup>2</sup> ]	Emissionen pro Distanz [gCO <sub>2</sub> e/km]
$I_{\text{CH}}$	142	29	134	192
$I_{\text{Ref}}$	142	20 <sup>a</sup>	92	145
$D_i$	0	0.45	0.46	0.32

<sup>a</sup> Wert von Deutschland statt von Griechenland resp. Portugal.

Bei den in Tabelle 15 berechneten relativen Reduktionspotenzialen handelt es sich lediglich um grobe Schätzwerte für die Sektoren. Um die tatsächlichen relativen Reduktionspotenziale zu ermitteln, müssten Referenzwerte  $I_{\text{Ref}}$  auf Branchenebene entsprechend der technologischen Möglichkeiten bestimmt werden. Zudem müsste für die Industrie das relative Reduktionspotenzial der durchschnittlichen jährlichen Effizienzsteigerung gleichgesetzt werden<sup>xxxiv</sup>. Beides war im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich.

### 3.2. Umsetzung eines 20%-Reduktionsziels

Abschliessend zeigen wir auf, wie eine hypothetische nationale Reduktionsverpflichtung von 20% ( $z=0.2$ ) bis ins Jahr 2020 mit dem geschilderten Vorgehen auf die Sektoren Industrie, Dienstleistung, Haushalte und Verkehr übersetzt

<sup>xxxiv</sup> In den anderen Sektoren ist die Effizienzsteigerung im Reduktionsziel enthalten.

werden kann. Die Sektoren Landwirtschaft und Abfall werden zunächst ausgeklammert. Um in unserem Gedankenexperiment die Auswirkungen des Einbezugs dieser Sektoren auf die übrigen Reduktionsziele grob abzuschätzen, werden für sie in einem zweiten Schritt Reduktionsziele basierend auf *ad hoc* Annahmen abgeschätzt. Die 20%-Reduktionsverpflichtung bezieht sich auf die Emissionen im Jahr 1990 ( $E_{\text{Ref}} = 52.75 \text{ Mt CO}_2\text{e/Jahr}$ ) und entspricht  $10.55 \text{ Mt CO}_2\text{e/Jahr}$ .

Die Berechnung der absoluten Reduktionsziele für die verschiedenen Sektoren sind in Tabelle 16 dargestellt. Es werden drei Fälle unterschieden: Im ersten Fall werden die sektoriellen Reduktionsziele  $z_i$  basierend auf den relativen Reduktionspotenzialen (Tabelle 15) berechnet. Dabei ergibt sich für den Industriesektor den *Status quo* als Ziel ( $z_{\text{Industrie}} = 0$ ), weil er beim Indikatorenvergleich den besten Wert erzielt. Die Sektoren Landwirtschaft und Abfall werden nicht behandelt. Im zweiten Fall definieren wir für den Industriesektor ein Reduktionsziel von 1% pro Jahr ( $z_{\text{Industrie}}^{\circ} = 8\%$  für die Jahre 2012-2020), in der Annahme, dass dies der jährlichen Effizienzsteigerung des Sektors entspricht. Wiederum werden die Sektoren Landwirtschaft und Abfall nicht behandelt. Im dritten Fall schliesslich gehen wir davon aus, dass auch in den Sektoren Landwirtschaft und Abfall Emissionsreduktionen von 1% pro Jahr erzielt werden und definieren  $z_{\text{Landwirtschaft}}^+ = z_{\text{Abfall}}^+ = 8\%$  für die Jahre 2012-2020. Für die Landwirtschaft entspricht sie ungefähr der Emissionsentwicklung seit 1990. Bei den Abfällen sind die Emissionen seit 1990 angestiegen, das hypothetische Reduktionsziel würde zusätzliche Anstrengungen erfordern.

Unabhängig von der Berechnungsmethode ergibt sich für die Haushalte der grösste Reduktionsbedarf. Gründe dafür sind der grosse Anteil (22.2% im Jahr 2004) der Haushalte an den gesamten Treibhausgasemissionen und das hohe relative Reduktionspotential  $D_{\text{Haushalte}} = 0.46$  (Tabelle 15). Für den Verkehr ist der absolute Reduktionsbedarf fast gleich gross. Wiederum sind die Gründe dafür der grosse Anteil an den Gesamtemissionen (29.4%) und das hohe relative Reduktionspotential  $D_{\text{Verkehr}} = 0.32$ . Deutlich kleiner ist der absolute Reduktionsbedarf des Dienstleistungssektors ( $<2 \text{ Mt CO}_2\text{e/Jahr}$ ). Für die Industrie ist er je nach Berechnungsart 0 oder  $0.9 \text{ Mt CO}_2\text{e/Jahr}$ . Kleine absolute Beiträge müssten die Landwirtschaft und der Abfallsektor leisten.

*Tabelle 16: Berechnung der absoluten Reduktionsziele für die verschiedenen Sektoren bei einer nationalen Reduktionsverpflichtung von 20%. Die Berechnung der Sektorziele  $z_i$  basiert auf den relativen Reduktionspotenzialen in Tabelle 15. Für die Berechnung der Sektorziele  $z_i^{\circ}$  wurde angenommen, dass im Industriesektor eine jährliche Effizienzsteigerung von 1% erreicht wird. Die Berechnung der Sektorzielen  $z_i^+$  schliesslich basiert auf der Annahme, dass auch in der Landwirtschaft und im Abfallsektor Reduktionen von 1% erzielt werden.*

	Industrie	Dienstleistung	Haushalte	Verkehr	Landwirtschaft	Abfall
$E_{\text{Ref},Si}$ [Mt CO <sub>2</sub> e/Jahr]	11.72	5.32	11.74	14.60	6.66	2.71
$z_i$ [%]	0	38	39	27	-	-
$z_i * E_{\text{Ref},Si}$ [Mt CO <sub>2</sub> e/Jahr]	0	2.02	4.53	4.00		
$z_i^{\circ}$ [%]	8	35	35	25	-	-
$z_i^{\circ} * E_{\text{Ref},Si}$ [Mt CO <sub>2</sub> e/Jahr]	0.94	1.84	4.14	3.64		
$z_i^+$ [%]	8	32	32	23	8	8
$z_i^+ * E_{\text{Ref},Si}$ [Mt CO <sub>2</sub> e/Jahr]	0.94	1.70	3.80	3.36	0.53	0.22

Gegenüber der Praxis des CO<sub>2</sub>-Gesetzes ergibt sich mit den berechneten Reduktionszielen eine Verschiebung der Reduktionslast: Das CO<sub>2</sub>-Gesetz definiert Reduktionsziele für Brennstoffe (Industrie, Dienstleistung, Haushalte) von -15% (3.80 Mt CO<sub>2</sub>/Jahr) und für Treibstoffe (Verkehr) von -8% (1.24 Mt CO<sub>2</sub>/Jahr). Auf den Verkehr (Treibstoffe) entfallen somit 25% der Reduktionslast, während die übrigen Sektoren (Brennstoffe) 75% der gesamten Reduktionen erbringen müssen. Mit den Reduktionszielen  $z_i^+$  (Tabelle 16) müsste der Verkehr rund 32% der gesamten Reduktion erbringen, während sich der Beitrag der übrigen Sektoren auf ungefähr 68% beläuft.

## Anhang

*Anhang 1: Wohnflächen pro Wohnung und Person in der Schweiz und in ausgewählten europäischen Ländern.*<sup>33,34,35</sup>

	<b>Bezugsjahr</b>	<b>Wohnfläche pro Wohnung [m<sup>2</sup>/Wohnung]</b>	<b>Bezugsjahr</b>	<b>Wohnfläche pro Person [m<sup>2</sup>/Kopf]</b>
Österreich	2003	93.9	2003	38.3
Belgien	1991	86.3	-	-
Dänemark	2002	109.1	2003	50.6
Finnland	2002	77	2002	36.3
Frankreich	2002	89.6	2002	37.5
Deutschland	2002	89.7	2004	40.8
Irland	2003	104	2002	35
Italien	1991	90.3	-	-
Luxemburg	2001	125	-	-
Niederlanden	2000	98	2000	41
Portugal	2001	83	-	-
Spanien	2001	90	-	na
Schweden	2003	91.6	2003	44.4
Grossbritannien	2001	86.9	2001	44
Schweiz	-	-	2004	46 <sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> Die letzte statistische Erhebung wurde 2000 durchgeführt (43.6 m<sup>2</sup>/Kopf). In Rücksprache mit dem BWO wird von einer konstanten jährlichen Zunahme um 0.5 m<sup>2</sup>/Kopf ausgegangen.

Anhang 2: Gebäudealter in der Schweiz und in der EU-15. <sup>36</sup>

	<b>1919 und bevor</b>	<b>1919 bis 1939</b>	<b>1946 bis 1960</b>	<b>1961 bis 1970</b>	<b>1971 bis 1980</b>	<b>1981 und nachher</b>	<b>Unbe- kannt</b>
Schweiz	18.5	11.1	14.2	16.4	15.4	24.4	-
EU-15	15.8	12.7	17.1	18.4	21.1	15.1	2.0
Belgien	16.9	14.9	18.5	11.3	15.9	8.4	14.1
Dänemark	21.7	18.6	14.4	17.7	17.6	10.1	0.0
Deutschland	18.1	12.3	15.2	23.8	19.9	10.7	0.0
Finnland	4.3	8.2	17.3	16.7	26.0	26.2	1.3
Frankreich	24.0	13.0	13.0	14.2	21.5	14.7	0.0
Griechenland	3.8	7.7	15.1	26.5	29.8	17.1	0.0
Grossbritannien	27.1	19.4	32.0	-	21.6	-	0.0
Irland	20.2	13.0	14.1	11.1	22.2	18.1	1.3
Italien	17.3	10.3	17.7	25.9	18.9	9.8	0.1
Luxemburg	16.9	17.3	17.5	12.6	18.0	14.0	3.7
Niederlande	10.2	12.5	14.8	17.2	19.9	17.7	7.7
Österreich	22.7	10.2	14.7	18.1	18.5	15.7	0.1
Portugal	12.4	12.1	14.3	17.0	21.4	22.8	0.0
Schweden	11.0	12.2	23.6	21.9	18.8	10.4	2.1
Spanien	10.8	8.7	14.3	23.9	27.2	15.1	0.0

Anhang 3: Verbrauch verschiedener Energieträger pro Person in den Haushalten.<sup>45,9</sup>

	<b>Kohle [kg/Kopf]</b>	<b>Öl [kg/Kopf]</b>	<b>Gas [GJ/Kopf]</b>	<b>Elektrizität [MWh/Kopf]</b>	<b>Erneuerbare Energien und Fernwärme [GJ/Kopf]</b>	<b>Total [GJ/Kopf]</b>
Schweiz	1.5	409.3	6.3	2.3	2.1	35.4
EU-15	13.7	223.5	13.5	1.8	4.4	28.3
Belgien	20.8	342.9	16.8	2.6	0.8	40.3
Dänemark	0.2	118.2	6.1	1.9	15.6	34.0
Deutschland	12.9	206.0	16.0	1.7	8.8	35.5
Finnland	11.3	159.2	0.2	3.9	19.0	38.7
Frankreich	10.3	159.0	13.1	2.4	5.1	30.9
Griechenland	0.8	271.1	0.1	1.5	2.8	20.3
Grossbritannien	28.7	46.7	23.9	1.9	0.2	31.3
Irland	277.1	264.7	6.8	1.8	0.5	29.6
Italien	0.2	99.7	13.8	1.2	0.8	22.4
Luxemburg	2.2	664.3	26.1	1.8	3.8	61.9
Niederlanden	0.4	3.8	22.6	1.4	1.1	26.9
Österreich	28.9	215.2	8.5	2.1	10.9	32.1
Portugal	0.0	66.5	0.8	1.2	4.7	12.1
Schweden	0.0	54.8	0.4	4.6	14.0	33.3
Spanien	5.2	98.7	3.3	1.4	2.0	14.2

Anhang 4: Heizgradtage und Klimakorrektur  $k$ .<sup>38</sup>

<b>Land</b>	<b>Heizgradtage [°Cd]</b>	<b>Klimakorrektur [-]</b>
Schweiz	3419	0.82
EU15	2809	1.00
Belgien	3009	0.93
Dänemark	3621	0.78
Deutschland	3252	0.86
Finnland	5212	0.54
Frankreich	2478	1.13
Griechenland	1269	2.21
Grossbritannien	2810	1.00
Irland	2977	0.94
Italien	1838	1.53
Luxemburg	3467	0.81
Niederlanden	3035	0.93
Österreich	3446	0.82
Portugal	1367	2.05
Schweden	4375	0.64
Spanien	1431	1.96

## Literaturverzeichnis

---

- 1 D. Bodonsky, S. Chou, and C. Jorge-Tresolini: International Climate Efforts beyond  
2012: A Survey of Approaches. Pew Center on Global Climate Change, 2004.
- 2 IEA/OECD (2004): Oil Crises & Climate Challenges. 30 Years of Energy Use in IEA  
Countries.
- 3 Bundesamt für Energie BFE: Comparing Energy Trends of Switzerland with IEA  
Countries. (Interner Bericht)
- 4 [www.odyssee-indicators.org](http://www.odyssee-indicators.org)
- 5 A. Meyer (2006): Comparaison internationale des politiques d'efficacité énergétique.  
Etude du cas de la Suisse. Conditions d'intégration à la base de données Odyssee.  
Trtavail de Master, EPFL.
- 6 Federal Office for the Environment FOEN (2006): Switzerland's Greenhouse Gas  
Inventory 1990-2004. National Inventory Report 2006.
- 7 EEA (2006): Annual European Community greenhouse gas inventory 1990–2004 and  
inventory report 2006 Submission to the UNFCCC Secretariat. Version 14 December  
2006
- 8 Bundesamt für Energie BFE: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2005.  
9 <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- 10 Bundesamt für Statistik BFS: T 04.02.16.
- 11 Eurostat (2007): Europa in Zahlen – Eurostat-Jahrbuch 2006-07.
- 12 Bundesamt für Energie BFE [Hrsg.] (2007): Energieverbrauch in der Industrie und im  
Dienstleistungssektor. Resultate 2005.
- 13 International Energy Agency IEA (2006): *Energy Statistics of OECD countries 2003-  
2004*.
- 14 Bundesamt für Statistik BFS und Bundesamt für Umwelt BAFU [Hrsg.] (2005):  
*Treibhausgasemissionen der Wirtschaftsbranchen – Pilot-NAMEA für die Schweiz  
2002*.
- 15 Bundesamt für Statistik BFS: T 6.3.3.1 und T 04.02.16
- 16 European Commission (2007): Energy-efficiency Monitoring in the EU-15.  
[www.odyssee-indicators.org/](http://www.odyssee-indicators.org/)
- 17 International Energy Agency IEA (2006): CO<sub>2</sub>-Emissions from Fuel  
Combustion 1971-2004.
- 18 OECD (2007): Principeaux Indicateurs Économiques.  
19 Die Volkswirtschaft 6-2007, S. 41.
- 20 Bundesamt für Statistik, T.04.02.16
- 21 BFS, Statistisches Jahrbuch 2007, T 6.3.3.1.
- 22 Bundesamt für Energie (2007), *Energieverbrauch in der Industrie und im  
Dienstleistungssektor*, Tabelle T.4.2.4, S. 23.
- 23 Bundesamt für Statistik und Bundesamt für Umwelt (2005), *Treibhausgasemissionen  
der Wirtschaftsbranchen – Pilot NAMEA für die Schweiz*, S. 61.
- 24 Bundesamt für Statistik BFS (2007): Betriebszählung 2005. Branchenportrait.  
Herstellung von chemischen Erzeugnissen.
- 25 Bundesamt für Statistik BFS: T. 04.02.16
- 26 Bundesamt für Umwelt BAFU (2006): *Emissionen nach CO<sub>2</sub>-Gesetz und Kyoto-  
Protokoll* (Stand 20.11.2006).
- 27 World Resources Institute WIR: *Climate Analysis Indicators Tool*  
(<http://cait.wri.org/>).
- 28 Bundesamt für Umwelt: Energieinhalte und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren von fossilen  
Energieträgern
- 29 Ecoheatcool: Work Package 1 – The European Heat Market.  
([www.euroheat.org/ecoheatcool/](http://www.euroheat.org/ecoheatcool/))

- 
- 30 Bundesamt für Statistik BFS: T 3.2.2.6.  
31 Ecoheatcool: Work Package 2 – The European Cold Market.  
([www.euroheat.org/ecoheatcool/](http://www.euroheat.org/ecoheatcool/))  
32 Bundesamt für Energie: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2004.  
33 BWO(2005): Wohnen 2000, Detailauswertung der Gebäude- und Wohnungserhebung,  
Grenchen  
34 Statistisches Bundesamt Deutschland (2007): Wohnen und Bauen. Datenbank  
Destatis. [www.destatis.de/basis/d/bauwo/bauwotab1.php](http://www.destatis.de/basis/d/bauwo/bauwotab1.php)  
35 National Board of Housing, Building and Planning, Sweden Ministry for Regional  
Development of the Czech Republic (2005): Housing Statistics in the European Union  
2004  
36 Bundesamt für Statistik BFS: Statistisches Jahrbuch der Schweiz 2007.  
37 Bundesamt für Statistik BFS: Statistisches Jahrbuch der Schweiz 2003.  
38 WRI (2007): Natural Factors. Heating Degree Days. <http://cait.wri.org>  
39 Prognos (2007): Der Energieverbrauch der Privaten Haushalte, 1990 - 2035  
Ergebnisse der Szenarien I bis IV und der zugehörigen Sensitivitäten BIP hoch, Preise  
hoch und Klima wärmer. Herausgeber: BFE  
40 P. Bertoldi B. Atanasiu (2007): Electricity Consumption and Efficiency Trends in the  
Enlarged European Union. Status report 2006. EUR 22753 EN. Institute for  
Environment and Sustainability, European Commission.  
41 BFE (2007): Stromverbrauch im Haushalt: energieEtikette zeigt Wirkung.  
[www.bfe.admin.ch/energie](http://www.bfe.admin.ch/energie)  
42 European Commission (2007): Eurostat. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>  
43 Hans Stelow (2006): Personenverkehr in der Europäischen Union. Herausgeber:  
Europäische Kommission.  
44 L.A. De La Fuente Layos (2005): Kurzstreckenmobilität in Europa. Statistik kurz  
Gefasst, Eurostat 5/2005.  
45 OECD/IEA (2006): Energy Statistics of OECD Countries 2003-2004. France.  
46 INFRAS: (2007) Der Energieverbrauch des Verkehrs 1990 - 2035. Ergebnisse der  
Szenarien I bis IV und der zugehörigen Sensitivitäten „BIP hoch“, „Preise hoch“ und  
„Klima wärmer“. Herausgeber: BFE  
47 BFS (2005): Leistungen nach Gesamtgewicht und Nutzlast. [www.admin.bfs.ch](http://www.admin.bfs.ch)  
48 Austrian Energy Agency (2003): Energy Efficiency and CO2 Emissions in Austria.  
Vienna  
49 Bundesamt für Umwelt BAFU: Energieinhalte und CO2-Emissionsfaktoren von  
fossilen Energieträgern.  
50 auto-schweiz (2004): Motorfahrzeug-Markt Schweiz 2004; Pressemitteilung vom  
9.6.2005, auf [www.auto-schweiz.ch](http://www.auto-schweiz.ch)  
51 Kommission der Europäischen Gemeinschaft (2006): Mitteilung der Kommission an  
den Rat und an das europäische Parlament. Umsetzung der Gemeinschaftsstrategie zur  
Verminderung der CO2-Emissionen von Kraftfahrzeugen: sechster Jahresbericht über  
die Wirksamkeit der Strategie.  
52 EEA(2006): Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2006. EEA  
Report No. 9/2006.  
53 Infrass: Handbook Emissionfaktoren für Road Transport. <http://www.hbefa.net/>