

11  
07

# > Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz 1990-2004

*Erweiterte und aktualisierte Bilanz*



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU



11  
—  
07

# > Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz 1990-2004

*Erweiterte und aktualisierte Bilanz*

*With summary in English – Avec résumé en français – Con riassunto in italiano*

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

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

### **Autoren**

Niels Jungbluth, Roland Steiner, Rolf Frischknecht,  
ESU-Services, Uster

### **Dank**

Herausgeber und Autoren danken

Carsten Nathani, ETH Zürich, für seine Hilfestellung bei der Verwendung von Daten aus der Input-Output-Tabelle der Schweiz, Nadim Ahmad, Norihiko Yamano und Agnes Cimper von der OECD für ihre Hintergrundinformationen zu den von ihnen publizierten Berichten bei der Anwendung der OECD-Methodik auf die Schweizer Input-Output- Bilanz.

### **Begleitung BAFU**

Markus Nauser, Sektion Klima

Paul Filliger, Sektion Klima

### **Zitiervorschlag**

Jungbluth N., Steiner R., Frischknecht R., 2007. Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz 1990–2004. Erweiterte und aktualisierte Bilanz. Umwelt-Wissen Nr. UW–0711. Bundesamt für Umwelt, Bern. 150 S.

### **Gestaltung**

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

### **Titelfoto**

BAFU

### **Download PDF**

[www.umwelt-schweiz.ch/uw-0711-d](http://www.umwelt-schweiz.ch/uw-0711-d)

(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)

Code: UW–0711-D

© BAFU 2007

# > Inhalt

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>		
<b>Vorwort</b>	<b>7</b>		
<b>Zusammenfassung</b>	<b>8</b>		
<b>Summary</b>	<b>14</b>		
<b>Résumé</b>	<b>19</b>		
<b>Riassunto</b>	<b>25</b>		
<b>Einleitung</b>	<b>31</b>		
<hr/>			
<b>1 Zielsetzung und Übersicht</b>	<b>33</b>		
1.1 Zielsetzung	33		
1.2 Begriffe und Konzepte	34		
1.3 Übersicht	36		
<hr/>			
<b>2 Systemgrenzen</b>	<b>37</b>		
<hr/>			
<b>3 Graue Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors</b>	<b>39</b>		
3.1 Übersicht	39		
3.2 Vorgehen und Methodik	39		
3.3 Datenquellen	40		
3.4 Gesamtergebnis des Energiesektors	41		
3.5 Erdölprodukte	49		
3.6 Erdgas	56		
3.7 Kohlenprodukte	58		
3.8 Uran zur Stromerzeugung	61		
3.9 Erneuerbare Energien	63		
3.10 Stromhandel	64		
<hr/>			
<b>4 Methodisches Vorgehen für die Gesamtbilanz Schweiz</b>	<b>73</b>		
4.1 Einführung	73		
4.2 Warenhandel	73		
4.3 Handel mit Dienstleistungen	74		
<hr/>			
<b>5 Graue Treibhausgas-Emissionen: Waren</b>	<b>76</b>		
5.1 Grundlagen Aussenhandelsstatistik	76		
5.2 Grundlagen Ökobilanz	79		
5.3 Transporte von importierten und exportierten Gütern	79		
5.4 Verknüpfung von Ökobilanzdaten auf der Ebene von Warengruppen	80		
5.5 Datenunsicherheiten	81		
5.6 Berechnung der Treibhausgas-Intensitäten für Warengruppen der Aussenhandelsstatistik	82		
5.7 Berechnung der Treibhausgas-Importe und -Exporte für Warengruppen der Aussenhandelsstatistik	84		
5.8 Anteil der Transporte für die Bilanz der Warenströme	88		
5.9 Gesamtbilanz Warenhandel	89		
5.10 Quervergleich mit der Detailbilanz des Energiesektors	91		
<hr/>			
<b>6 Graue Treibhausgas-Emissionen: Dienstleistungen</b>	<b>92</b>		
6.1 Flugtransporte	92		
6.2 Beherbergung und Gaststätten, Landtransport, Finanzdienstleistungen	96		
6.3 Treibhausgas-Emissionen der Dienstleistungen	98		
<hr/>			
<b>7 Ergebnisse Gesamtbilanz Schweiz</b>	<b>102</b>		
7.1 Gesamtbilanz	102		
7.2 Relevanz der einzelnen Treibhausgase	102		
7.3 Relevanz der Waren- und Dienstleistungsgruppen	103		
7.4 Zeitliche Entwicklung der Gesamtbilanz	105		
7.5 Emissionen pro Kopf	106		
<hr/>			
<b>8 OECD-Studie zu grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	<b>107</b>		
8.1 Analyse und Vergleich der OECD-Studie	107		
8.2 Berechnung nach OECD-Systematik	110		
8.3 Diskussion und Vergleich mit den Bottom-Up-Ergebnissen dieser Studie	123		

<b>9</b>	<b>Folgerungen</b>	<b>128</b>
9.1	Ergebnisse der Studie für das Jahr 1998 werden bestätigt und Schwachpunkte beseitigt	128
9.2	Die grauen Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors nehmen zu	128
9.3	Stromhandel verhilft Nachbarländern zu einer verbesserten Klimabilanz	129
9.4	Die Einfuhr von Konsumgütern trägt massgeblich zu den grauen Treibhausgas-Emissionen der Schweiz bei	129
9.5	Flugtransporte sind im Saldo für rund 2.5 % der grauen Treibhausgas-Emissionen verantwortlich	130
9.6	Die Auswertung nach OECD-Systematik bestätigt für die Schweiz substantielle graue Netto-CO <sub>2</sub> -Importe	130
9.7	Verschiedene methodische Ansätze führen zu vergleichbaren Ergebnissen	130
9.8	Ausblick	131
<hr/>		
<b>Anhang</b>		<b>133</b>
A1	Emissionen des gesamten schweizerischen Energiesektors aufgeschlüsselt nach Energieprodukten	133
A2	Emissionen des gesamten schweizerischen Energiesektors aufgeschlüsselt nach Treibhausgas-Inventar-Sektoren	135
A3	Stromproduktion und Emissionsfaktoren der berücksichtigten europäischen Länder	139
A4	Ländercodes der OECD-Studie	143
<hr/>		
<b>Verzeichnisse</b>		<b>144</b>
	Abkürzungen	144
	Abbildungen	144
	Tabellen	146
	Literatur	148

## > Abstracts

Compared to other countries Switzerland has low per capita emissions of greenhouse gases because only domestic emissions are considered in the official greenhouse gas inventory established in line with UNFCCC guidelines. In order to get a more realistic view of the emissions caused by Switzerland, embodied emissions due to imports and exports of goods and services are quantified in this study for the years 1990 to 2004. The calculation is based on foreign trade statistics and life cycle assessment studies. Considering the embodied emissions due to imports and exports the total greenhouse gas emissions are estimated to amount to 12.5 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalents (10.7 tonnes of CO<sub>2</sub>) per capita. Only 7.2 tonnes of CO<sub>2</sub> equivalents (6.0 tonnes of CO<sub>2</sub>) out of this are emissions within Switzerland.

Die Schweiz hat im internationalen Vergleich ein relativ niedriges Pro-Kopf-Volumen an Treibhausgas-Emissionen, da die nach den Richtlinien der Klimakonvention erstellten nationalen Treibhausgas-Inventare nur die im Inland anfallenden Emissionen berücksichtigen. Um ein realitätsnäheres Bild der durch die Schweiz mitverursachten Treibhausgas-Emissionen zu erhalten, werden die so genannten «grauen», mit dem Import und Export von Gütern und Dienstleistungen verbundenen Emissionen für die Jahre 1990 bis 2004 anhand von Aussenhandelsstatistiken und Ökobilanzdaten berechnet. Unter Berücksichtigung aller Importe und Exporte betragen die Pro-Kopf-Emissionen 12.5 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq (10.7 Tonnen CO<sub>2</sub>), wovon nur 7.2 Tonnen (6.0 Tonnen CO<sub>2</sub>) direkt in der Schweiz anfallen.

En Suisse, le volume des émissions de gaz à effet de serre par habitant est relativement faible en comparaison internationale, du fait que les inventaires nationaux de gaz à effet de serre établis sur la base des directives de la Convention sur les changements climatiques ne prennent en compte que les émissions produites à l'intérieur du pays. Afin d'obtenir un panorama plus réaliste des émissions de gaz à effet de serre générées par la Suisse, cette étude quantifie les émissions dites «grises», en d'autres termes les émissions liées à l'importation et à l'exportation de biens et de services, pour les années 1990 à 2004 en se basant sur les statistiques du commerce extérieur ainsi que sur des écobilans. En prenant en considération l'ensemble des importations et des exportations, les émissions s'élèvent à 12,5 tonnes d'éq. CO<sub>2</sub> (10,7 tonnes de CO<sub>2</sub>) par habitant, dont 7,2 tonnes seulement (6,0 tonnes de CO<sub>2</sub>) sont directement émises en Suisse.

**Keywords:**

foreign trade, embodied emissions, greenhouse gases, life cycle assessment, input-output analysis

**Stichwörter:**

Aussenhandel, graue Emissionen, Treibhausgase, Ökobilanz, Input-Output-Analyse

**Mots-clés :**

commerce extérieur, émissions grises, gaz à effet de serre, écobilan, analyses d'input-output

Rispetto ad altri Paesi, la Svizzera presenta un volume pro capite di emissioni di gas serra relativamente basso, dal momento che gli inventari dei gas serra stilati secondo le direttive della Convenzione sul clima considerano solo le emissioni entro i confini nazionali. Per ottenere un quadro più realistico delle emissioni di gas serra provocate dalla Svizzera, sono state calcolate per il periodo 1990–2004, in base a statistiche relative al commercio estero e a dati riguardanti gli ecobilanci, le cosiddette emissioni «grigie» associate all'importazione e all'esportazione di beni e servizi. Tenendo conto delle importazioni e delle esportazioni complessive, le emissioni pro capite ammontano a 12,5 tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti (10,7 t di CO<sub>2</sub>), di cui solo 7,2 tonnellate (6,0 t di CO<sub>2</sub>) sono generate direttamente in Svizzera.

**Parole chiave:**

**commercio estero, emissioni «grigie», gas serra, ecobilancio, analisi input-output**



---

## > Vorwort

Im Jahr 2000 hat das damalige BUWAL eine erste Untersuchung zu den so genannten «grauen» Treibhausgas-Emissionen der Schweiz publiziert. Bereits damals wurde deutlich, dass das nationale Treibhausgas-Inventar ein sehr unvollständiges Bild der Emissionen gibt, welche die Schweiz – bedingt durch den intensiven Austausch von Gütern und Dienstleistungen mit dem Ausland – mitverantwortet.

Der vorliegende Bericht aktualisiert und vervollständigt die 2000 publizierten Daten, erlaubt erste vertiefte Rückschlüsse auf Entwicklungstendenzen und liefert wertvolle Grundlagen für die internationale Einbettung der schweizerischen klimapolitischen Strategie. Er weist nach, dass mit jeder im Inland emittierten Tonne Treibhausgasemissionen eine zusätzliche Dreivierteltonne aufgrund von Vorleistungen und Transporten im Ausland verbunden ist. In einem Ländervergleich unter Einbezug der «grauen» Emissionen bewegen sich die schweizerischen Treibhausgas-Emissionen pro Kopf der Bevölkerung auf einem mit dem Durchschnitt der OECD-Staaten vergleichbaren Niveau. Gemessen am Wohlstandsniveau der Schweiz und angesichts der nach wie vor grossen Abhängigkeit von fossilen Energieträgern ist dieses Ergebnis wenig überraschend. Es widerlegt aber die oft gehörte Behauptung, die Schweiz verursache deutlich weniger pro-Kopf-Emissionen als andere, wirtschaftlich vergleichbare Industrieländer.

Das hohe Niveau global mitverantworteter Emissionen legt es nahe, dass sich die Schweiz tatkräftig am internationalen Klimaschutz beteiligt. In einem klimapolitischen Umfeld, welches dem Verursacherprinzip zunehmend Gewicht einräumt, tut sie gut daran, ihre Einbindung in emissionssträchtige, grenzüberschreitende Versorgungs- und Konsumstrukturen im Auge zu behalten. Gleichzeitig zeigt die vorliegende Analyse, dass die Wasserkraft einen bedeutenden Beitrag zu einer weniger emissionsintensiven Energieversorgung im In- und Ausland leistet. Mit Blick auf die zukünftige Entwicklung wird zu prüfen sein, ob in einer Folgestudie entsprechende Aussagen zum Stellenwert des Holzes als nachwachsendem und – bei nachhaltiger Nutzung – CO<sub>2</sub>-neutralem Rohstoff gemacht werden können.

Das reichhaltige Datenmaterial, das in diesem Bericht dokumentiert ist, trägt dazu bei, dass die Schweiz für Diskussionen über die Anrechnung von Emissionen aus dem internationalen Güter- und Dienstleistungshandel gut gerüstet ist. Es bietet gleichzeitig allen an einer ganzheitlichen Betrachtung der Treibhausgas-Problematik Interessierten fundierte Grundlagen und stellt eine wichtige Ergänzung zu bereits vorliegenden Untersuchungen über Umweltbelastungen aus einer Ökobilanz- beziehungsweise Lebenszyklusperspektive dar.

Gérard Poffet  
Vizedirektor  
Bundesamt für Umwelt BAFU

## > Zusammenfassung

### Ausgangslage

Das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (Klimakonvention, UNFCCC) verlangt von seinen Mitgliedstaaten die jährliche Erstellung nationaler Treibhausgas-Inventare. Diese Inventare erfassen die Emissionen, die innerhalb des Territoriums eines Landes entstehen (Territorialprinzip) bzw. – im Falle der fossilen Treibstoffe – dort, wo die Treibstoffe an den Endverbraucher abgegeben werden (Absatzprinzip). Emissionen, die bei der Herstellung und beim Transport von Handelsprodukten entstehen, werden dort verbucht, wo sie in die Atmosphäre entweichen, das heisst, unabhängig vom Ort des Konsums. Dieser Ansatz ermöglicht die klare Zuordnung der Emissionen zu den einzelnen Ländern und dient der Vermeidung von Doppelzählungen und Lücken in den nationalen Inventaren.<sup>1</sup>

Will man jedoch wissen, welches Emissionsvolumen dem Güterkonsum eines Landes entspricht (Inländerprinzip), so muss man die so genannten «grauen» («importierten» bzw. «exportierten») Emissionen aufgrund des Güterausstauschs zwischen Ländern bestimmen und die im nationalen Inventar erfassten «direkten» Emissionen dementsprechend ergänzen.

### Zielsetzung

Die Schweiz steht bei den Pro-Kopf-Emissionen im Vergleich zu anderen hoch industrialisierten Ländern relativ günstig da. Gut 6 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf und Jahr stehen rund 11 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf und Jahr im Durchschnitt der in der OECD zusammengefassten Länder gegenüber. Dies hängt massgeblich mit dem kleinen Industriesektor und einer nahezu CO<sub>2</sub>-freien Stromerzeugung in der Schweiz zusammen. Die Pro-Kopf-Emissionen gemäss nationalem Treibhausgas-Inventar täuschen jedoch darüber hinweg, dass die Schweiz in bedeutendem Umfang auf Importe (verarbeitungsintensive Energieträger und Rohstoffe) angewiesen ist. In mengenmässig bescheidenerem Umfang ist die Schweiz auch Exporteurin von Gütern und damit von Emissionen. Ein realitätsnäheres Bild der durch die Schweizer Bevölkerung verursachten Emissionen ergibt sich, wenn diese grauen Emissionen miterfasst werden und somit ein Treibhausgas-Inventar gemäss Inländerprinzip resultiert. Ein Vergleich mit dem nationalen Inventar nach Kyoto-Protokoll über eine längere Zeitspanne erlaubt es zudem, Tendenzen von Emissionsverlagerungen über die Landesgrenzen hinweg zu erkennen und auf einen allfälligen klimapolitischen Handlungsbedarf hin zu analysieren.

In diesem Bericht werden Bilanzen der grauen Treibhausgas-Emissionen als Folge des Aussenhandels der Schweiz für die Jahre 1990 bis 2004 dargestellt. Eine frühere Untersuchung beschränkte sich noch auf den Energie- und Ernährungssektor (Frischknecht

<sup>1</sup> Einen Sonderfall stellen die Emissionen des Flugverkehrs ins Ausland dar. Sie werden in den nationalen Treibhausgas-Inventaren anhand des Kerosinabsatzes (sog. «international bunker fuels») erfasst, aber nicht zum nationalen Total hinzugezählt.

& Jungbluth 2000). Inzwischen liegen für Produkte aller Warengruppen ausführliche und aktuelle Ökobilanzdaten vor. Deshalb kann jetzt der gesamte Warenhandel für die Untersuchung berücksichtigt werden.

Im Hinblick auf eine umfassende Bilanz nimmt die Untersuchung darüber hinaus eine Abschätzung der Treibhausgas-Emissionen für ausgewählte Dienstleistungen und Flugtransporte vor.

### **Methode, Systemdefinition und Systemgrenzen**

Die vorliegende Untersuchung gliedert sich in drei Hauptteile, die sich gegenseitig ergänzen. Sie basiert einerseits auf Angaben (Branchenstatistiken resp. Aussenhandelsstatistik) zu den in der Schweiz abgesetzten resp. mit dem Ausland gehandelten Produktmengen. Andererseits werden die produktspezifischen Treibhausgas-Emissionen mit Hilfe von Ökobilanzen oder Input-Output-Analysen quantifiziert.

Die Treibhausgas-Bilanzen der importierten Produkte schliessen alle im Ausland stattfindenden Prozesse der Wertschöpfungskette mit ein. Für Erdöl heisst das beispielsweise, dass die Exploration, die Förderung und der Ferntransport via Pipelines, Rohöltanker und auf Schiene und Strasse bis an die Schweizer Grenze berücksichtigt sind. Ebenso werden die ausländischen Raffinerien mit einbezogen. Hingegen werden die Emissionen der schweizerischen Raffinerien nicht nochmals erfasst, da diese bereits im nationalen Treibhausgas-Inventar enthalten sind.

Im ersten Teil wird eine Detailbilanz für den Energiesektor erstellt. Der Energiesektor wird gemäss der den Vorgaben der Klimakonvention entsprechenden Struktur des nationalen Treibhausgas-Inventars unterteilt. In einzelnen Fällen, insbesondere bei der Bereitstellung von Kernbrennstoff und beim Stromhandel, wo im Inland keine Treibhausgas-Emissionen zu verzeichnen sind, sowie beim Export von Erdölprodukten wurden die grauen Emissionen sinngemäss geeigneten Kategorien zugeordnet. Diese Detailbilanz wird zur Überprüfung der Ergebnisse für den gesamten Handel mit Waren und Dienstleistungen verwendet.

Im zweiten Teil wird eine Gesamtbilanz Schweiz erstellt. Beim Warenhandel wird eine umfassende Bilanz der mit der Produktion, Verarbeitung und dem Transport von Waren verbundenen grauen Emissionen erstellt. Dieser Ansatz lässt sich nicht auf die Struktur des nationalen Inventars übertragen. Hier wurde deshalb die Struktur der Schweizerischen Aussenhandelsstatistik übernommen und die Quantifizierung der grauen Treibhausgas-Emissionen unabhängig vom nationalen Inventar vorgenommen. Zusätzlich werden auch graue Treibhausgas-Emissionen aufgrund des Austausches von Dienstleistungen inklusive Flugtransporten bestimmt.

Beide Teilbereiche basieren dabei auf Ökobilanzen und Statistiken zum mengenmässigen Handel mit Waren, Dienstleistungen und Strom. Zur Überprüfung dieser Ergebnisse auf Basis der Bottom-Up-Abschätzung wird im dritten Teil eine Top-Down-Bilanzierung durchgeführt. Dies in Anlehnung an eine Methode, welche von der OECD für 24 andere Länder angewendet wurde (Ahmad & Wyckoff 2003). Dabei

werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgrund des Warenhandels mit Hilfe von Input-Output-Tabellen und Statistiken zum monetären Warenhandel berechnet. Diese Berechnungen werden mit den Ergebnissen des ersten Ansatzes verglichen.

### **Ergebnisse Energiesektor**

Unter der Annahme gleich bleibender spezifischer Emissionen in den Vorleistungsketten haben die grauen Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors über die drei betrachteten Zeitpunkte 1990, 1998 und 2004 um rund 20% zugenommen (10.6, 12.5 bzw. 12.9 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq.). Die Zunahme der grauen Emissionen kann vor allem auf den gestiegenen Verbrauch von Erdgas und die Intensivierung des Stromhandels zurückgeführt werden. Die grauen Emissionen erhöhen die Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors gemäss nationalem Inventar der Schweiz um knapp 30% für das Jahr 2004 (1990: 25%, 1998: 29%). Unter Berücksichtigung der Effizienzgewinne bei der Energiegewinnung (Erdöl) und in der ausländischen Stromerzeugung in den neunziger Jahren blieben die grauen Treibhausgas-Emissionen zwischen 1990 und 1998 etwa konstant.

2004 wurden knapp 60% der grauen Treibhausgas-Emissionen über den Import von Erdölprodukten und Erdgas verursacht. 40% waren die Folge des Stromhandels. Steinkohle, Steinkohlekoks und Uran trugen nur unwesentlich (ca. 2%) zu den grauen Treibhausgas-Emissionen bei. Variationen im Stromhandel (beeinflusst durch die u.a. von der Hydrologie abhängige Produktion in Wasserkraftwerken) und Variationen in der Herkunft von Rohöl können zu jährlichen Schwankungen der grauen Treibhausgas-Emissionen in der Höhe von 0.5 bis 1.0 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq führen.

Durch den Stromexport können die Importländer (vorrangig Italien und Deutschland) ihre Treibhausgas-Bilanz durch so genannte «transferred benefits» um knapp 17 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq verbessern, wenn angenommen wird, dass sie ihre zumeist CO<sub>2</sub>-intensivere Strombereitstellung durch die Importe substituieren.

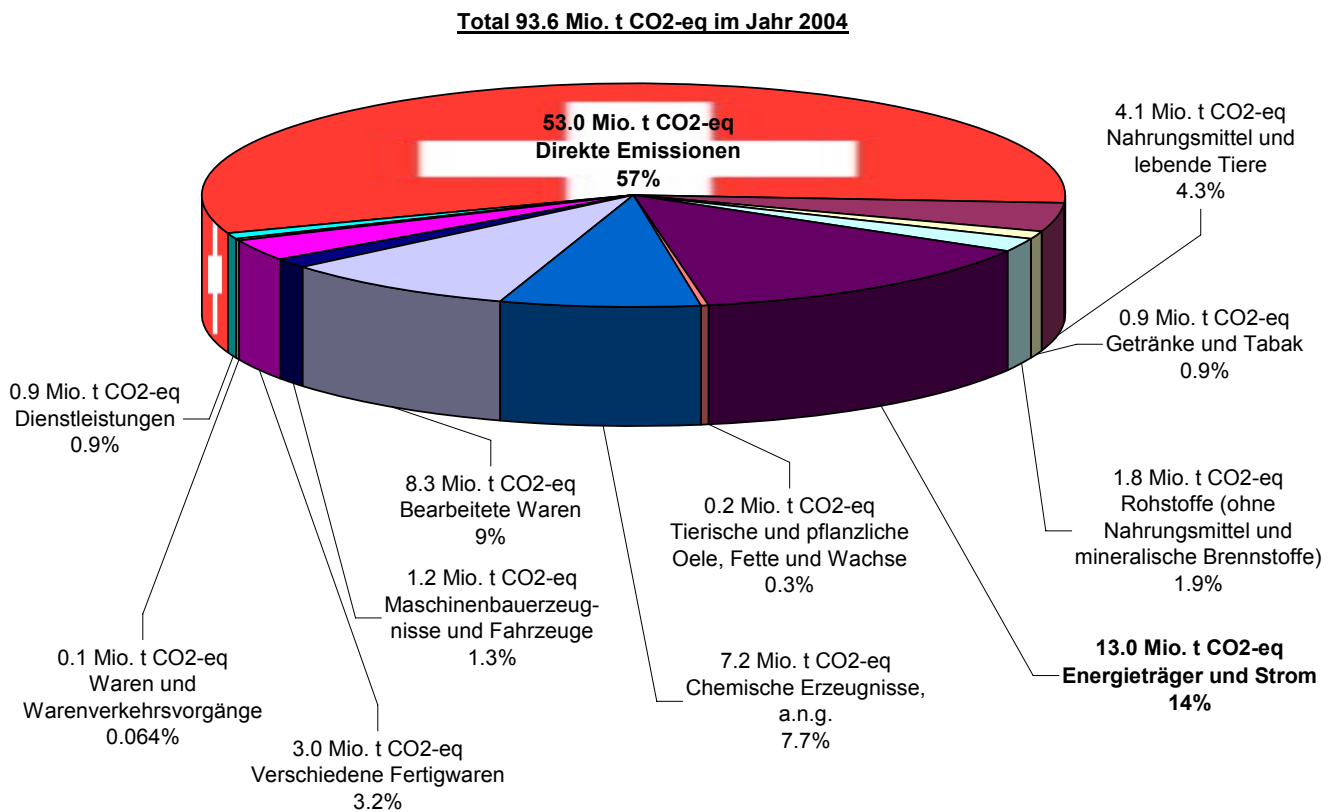
### **Ergebnisse Gesamtbilanz**

Unter Einbezug aller Emissionen des Warenhandels und des Dienstleistungsaustausches erhöhen sich die Treibhausgas-Emissionen der Schweiz für das Jahr 2004 um netto 40 Mio. Tonnen auf gut 93.6 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq.

Die Abb. A fasst die direkten und grauen Beiträge zur Gesamtbilanz für das Jahr 2004 zusammen. Es zeigt sich, dass die durch Warenhandel und Dienstleistungsaustausch netto importierten Treibhausgase die Emissionen gemäss nationalem Inventar um rund 78% erhöhen. Der grösste Einzelbeitrag stammt aus den grauen Emissionen des Energiesektors. Ebenfalls wichtig sind die grauen Emissionen chemischer Erzeugnisse und von bearbeiteten Waren. Die Dienstleistungen (inkl. die darin enthaltenen Flugtransporte) tragen einen verhältnismässig geringen Teil bei.

**Abb. A > Weisse und graue Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz im Jahr 2004 (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Jahr).**

In dieser Grafik werden die weissen und grauen Emissionen aller in der Schweiz konsumierten Waren und Dienstleistungen berücksichtigt. Die direkten Emissionen betragen 53 Mio. Tonnen. Die grössten Netto-Importe kommen aus dem Energiebereich mit 13 Mio. Tonnen. Dienstleistungen (inkl. die Bilanz des Flugverkehrs vom und nach dem Ausland) tragen nur knapp 1 Mio. t zum Gesamtsaldo bei.



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

### Pro-Kopf-Emissionen

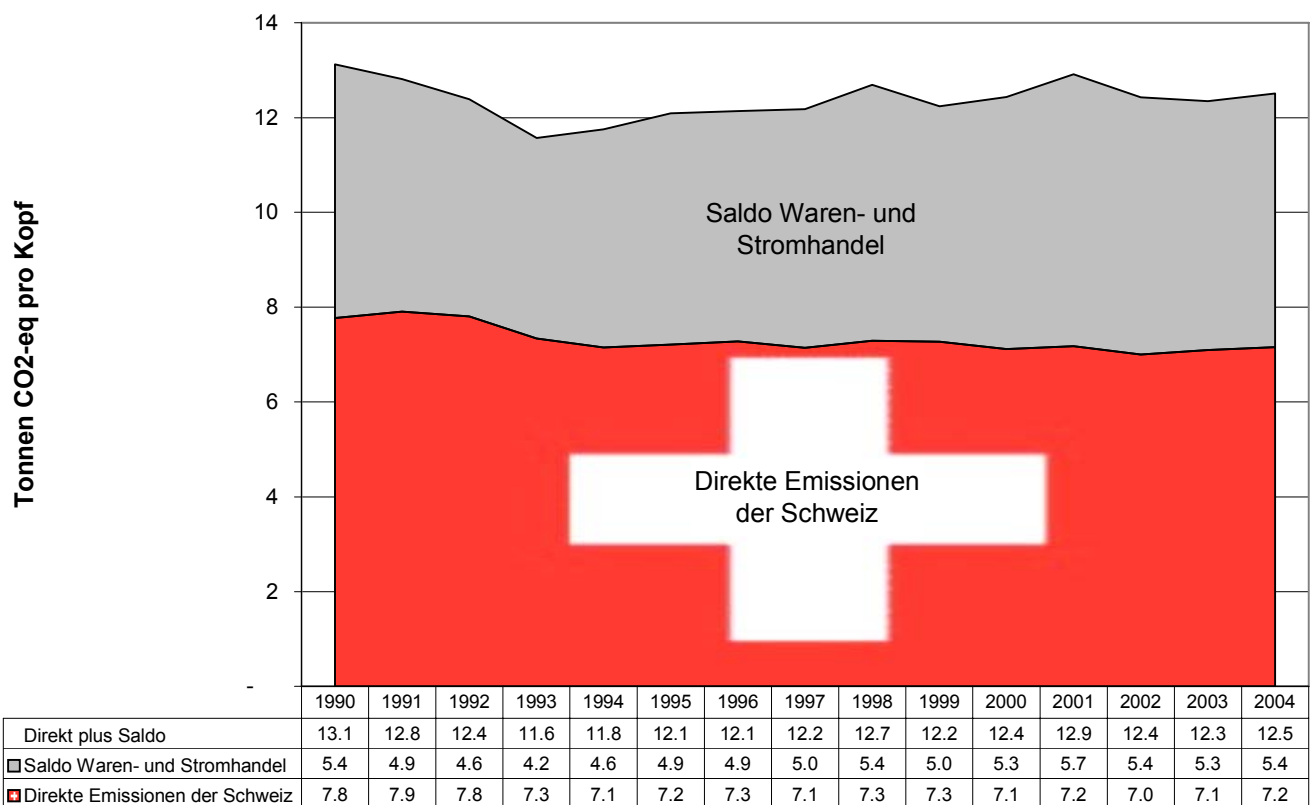
Die Pro-Kopf-Emissionen der Schweiz belaufen sich gemäss nationalem Inventar im Jahr 2004 auf rund 7.2 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq (6.0 Tonnen CO<sub>2</sub>). Unter Berücksichtigung der grauen Emissionen des Waren- und Stromhandels steigen diese auf rund 12.5 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq (10.7 Tonnen CO<sub>2</sub>). Die in den letzten 14 Jahren gesunkenen direkten Pro-Kopf-Emissionen in der Schweiz werden durch steigende Importe von grauen Treibhausgas-Emissionen wieder ausgeglichen (siehe Abb. B). Diese Zahlen machen deutlich, dass das vergleichsweise niedrige Pro-Kopf-Emissionsvolumen der Schweiz relativiert werden muss. Werden die grauen Emissionen mitberücksichtigt, liegen die Pro-Kopf-Emissionen in der Grössenordnung des OECD-Durchschnitts (vgl. Kapitel 8.2.5, Abb. 32).

## Internationaler Vergleich

Ein direkter Vergleich mit anderen Industrieländern ist nur für die CO<sub>2</sub>-Emissionen möglich. Analog den Berechnungsmethoden der OECD-Studie (Ahmad & Wyckoff 2003) wurden die Daten für die Schweiz mit einem Top-Down-Ansatz berechnet und mit anderen Ländern verglichen. Die Schweiz weist hierbei mit 63 % im Vergleich zu den direkten Emissionen den deutlich höchsten Importanteil von CO<sub>2</sub> aus. Auch wenn die volle Vergleichbarkeit aufgrund teils unterschiedlicher Datengrundlagen nicht gegeben ist, bestätigt dieses Resultat die unabhängigen Berechnungen nach dem Bottom-Up-Ansatz.

**Abb. B > Entwicklung der weissen und grauen Treibhausgas-Emissionen der Schweiz (Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Kopf und Jahr).**

Die direkten Pro-Kopf-Emissionen der in der Schweiz Wohnenden sind seit 1990 bei konstanten Gesamtemissionen, aber leicht gestiegener Bevölkerungszahl, etwas gesunken. Unter Berücksichtigung der grauen Emissionen gibt es keinen klaren Entwicklungstrend. In dieser Grafik sind die grauen Emissionen des Dienstleistungssektors nicht enthalten.



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

---

## **Folgerungen**

Mit der vorliegenden Studie können die Ergebnisse der bisherigen Arbeiten (Frischknecht & Jungbluth 2000) bestätigt und deren Schwachstellen weitgehend beseitigt werden. In einem Ländervergleich unter Einbezug der grauen Treibhausgas-Emissionen zeigt sich, dass die Schweiz ähnliche Pro-Kopf-Emissionen aufweist wie beispielsweise die Niederlande, Grossbritannien oder Südkorea. Die grosse Bedeutung der durch den internationalen Handel verursachten Treibhausgas-Emissionen konnte mit zwei verschiedenen Ansätzen bestätigt werden. Mengenmässig bedeutsam ist auch der Beitrag, den die Schweiz durch Stromexporte zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen in den Nachbarländern Deutschland und Italien leistet, wenn angenommen wird, dass diese ihre zumeist CO<sub>2</sub>-intensivere Strombereitstellung durch die Importe substituieren. Im Hinblick auf zukünftige Aktualisierungsarbeiten sind relevante Datenlücken bei Ökobilanzen und Input-Output-Tabellen zu schliessen.

## > Summary

### Introduction

The United Nations Framework Convention on Climate Change (Climate Convention, UNFCCC) requires its member states to prepare national greenhouse gas inventories on an annual basis. The inventories record emissions emanating within a country's territory (territorial principle) and – in the case of fossil motor fuels – emissions related to products sold to the end user (principle of sales locations). Emissions arising during the manufacture and transport of commercial goods are allocated to the country where they are released to the atmosphere, i.e. irrespective of the place of consumption. This approach allows the emissions to be clearly attributed to individual countries and helps to avoid double counting and gaps in the national inventories.<sup>2</sup>

To obtain the emissions associated with the goods that a country consumes (principle of national treatment), the so-called “embodied” (i.e. “imported” and “exported”) emissions must be determined based on goods traded between countries. These embodied emissions are then added to the “direct” emissions recorded in the national inventories.

### Aims

When considering per capita emissions, Switzerland is in a relatively favourable position compared to other highly industrialised countries. Whereas about 6 tonnes of CO<sub>2</sub> are emitted within Switzerland per person per year, about 11 tonnes of CO<sub>2</sub> are emitted on average in the OECD member states. Switzerland's low emission figure may be attributed primarily to its modest industrial sector and to the fact that its electricity production is largely CO<sub>2</sub> free. However, the low values given in the national greenhouse gas inventory tend to obscure the fact that Switzerland is highly dependent on imports (pre-processed energy sources and raw materials). To a lesser extent, Switzerland is also an exporter of goods, and therefore of the corresponding emissions. To obtain a more realistic picture of the emissions that relate to the Swiss population, the embodied emissions have to be taken into account, resulting in a greenhouse gas inventory according to the principle of national treatment. Compiling a greenhouse gas inventory including the net imported emissions and comparing it with the inventory according to the Kyoto Protocol over a long period of time allows the detection of trans-boundary shifts in emissions due to changing import and export patterns. Analysing these results leads to additional insights that may help to detect possible need for political action on climate.

In this report, inventories of embodied greenhouse gas emissions resulting from Switzerland's foreign trade in the years 1990 to 2004 are presented. An earlier study inves-

<sup>2</sup> Emissions from international aviation are a special case. They are recorded in national greenhouse gas inventories on the basis of the bunker fuel sold but are not included in national totals.



---

tigated only the energy and foodstuffs sectors (Frischknecht & Jungbluth 2000). Comprehensive, up-to-date, life cycle analyses are now available for all types of goods. This allows assessment of trade in all goods.

In addition, with a view to producing a comprehensive balance sheet the study makes an estimate of greenhouse gas emissions for selected services and for air transportation.

### **Method, system definition and system boundaries**

The present study comprises three main parts, which complement each other. On one hand it is based on data about the quantities of products sold in Switzerland or traded with other countries (statistics on industrial sectors and on foreign trade). On the other hand greenhouse gas emissions specific to products are quantified by means of life cycle assessments and input-output analyses.

Greenhouse gas inventories of imported products comprise all processes occurring abroad that add to the value of the product. Thus in the case of petroleum, exploration, production and long-distance transport via pipeline, oil tanker, rail and road up to the Swiss border are taken into account. Refineries abroad are also included. Conversely, the emissions from Swiss refineries have not been included, since these are already addressed in the national inventory.

The first part gives a detailed balance sheet for the energy sector. The energy sector is structured according to the national greenhouse gas inventory in line with the provisions of the Climate Convention. In certain cases, the embodied emissions are assigned to suitable categories by analogy. This concerns particularly the production of nuclear fuels and electricity trading (here, no greenhouse gas emissions arise in Switzerland), and the export of petroleum products. This detailed analysis is used to verify the results for all trade in goods and services.

The second part gives a total balance for Switzerland. For the trade in goods, a comprehensive balance sheet is given of embodied emissions linked to the production, processing and transport of goods. This approach cannot be transferred to the structure of the national inventory. Therefore, the structure of the statistics on Swiss international trade were used and embodied greenhouse gas emissions were quantified independent of the national inventory. In addition, embodied greenhouse gas emissions were determined based on the exchange of services including air transportation.

The first and second parts of the report are based on life cycle assessments and statistics on the quantity of trade in goods, services and electricity. In the third part, these results based on a bottom-up approach are verified with a top-down analysis. The methodology applied has been used by the OECD for assessing the embodied emissions of 24 other countries (Ahmad & Wyckoff 2003). For this CO<sub>2</sub> emissions were calculated based on trade in goods, using input-output tables and statistics on monetary values of trade in goods. These calculations are compared with the results of the first approach.

### Results: Energy sector

Under the assumption of fixed specific emissions in the fuel supply chains, the embodied greenhouse gas emissions of the Swiss energy sector rose by about 20% over the three points in time 1990, 1998 and 2004 considered in this study (10.6, 12.5 and 12.9 million tonnes of CO<sub>2</sub> eq. respectively). The increase in embodied emissions is mainly a result of higher consumption of natural gas and an intensification of electricity trading. The embodied emissions increased the greenhouse gas emissions of the energy sector according to the Swiss national greenhouse gas inventory by almost 30% in 2004 (1990: 25%, 1998: 29%). Taking into account increases in efficiency in the fuel supply chain and in electricity generation in other countries during the 1990s, the embodied greenhouse gas emissions remained about constant between 1990 and 1998.

In 2004, almost 60% of the embodied greenhouse gas emissions resulted from the import of petroleum and of natural gas. Electricity trading contributed about 40%. The embodied emissions from hard coal, coke and uranium made only a small contribution (2%). Variations in electricity trade (influenced by the production of hydroelectric power plants which depends on hydrology amongst other things) and changes in the regions from which crude oil is imported may lead to yearly variations in embodied greenhouse gas emissions of 0.5 to 1.0 million tonnes of CO<sub>2</sub> eq.

The export of electricity helps improve the greenhouse gas balance of importing countries (mainly Italy and Germany) by about 17 million tonnes of CO<sub>2</sub> eq. These so-called “transferred benefits” are calculated assuming that the CO<sub>2</sub> intensive domestic electricity production is substituted by imports.

### Results: Total balance

When embodied emissions from the trade of energy and goods are included, greenhouse gas emissions in Switzerland rose by net 40 million tonnes to about 93.6 million tonnes of CO<sub>2</sub> eq. in 2004.

Fig. A summarizes the direct emissions and embodied emissions that contribute to the net balance in 2004. The trade of goods and the exchange of services lead to an increase of about 78% in the greenhouse gas emissions. The most important individual contribution came from embodied emissions in the energy sector. Embodied emissions from chemical products and processed goods are also important. Services (including air transportation) make only a small contribution to the total balance.

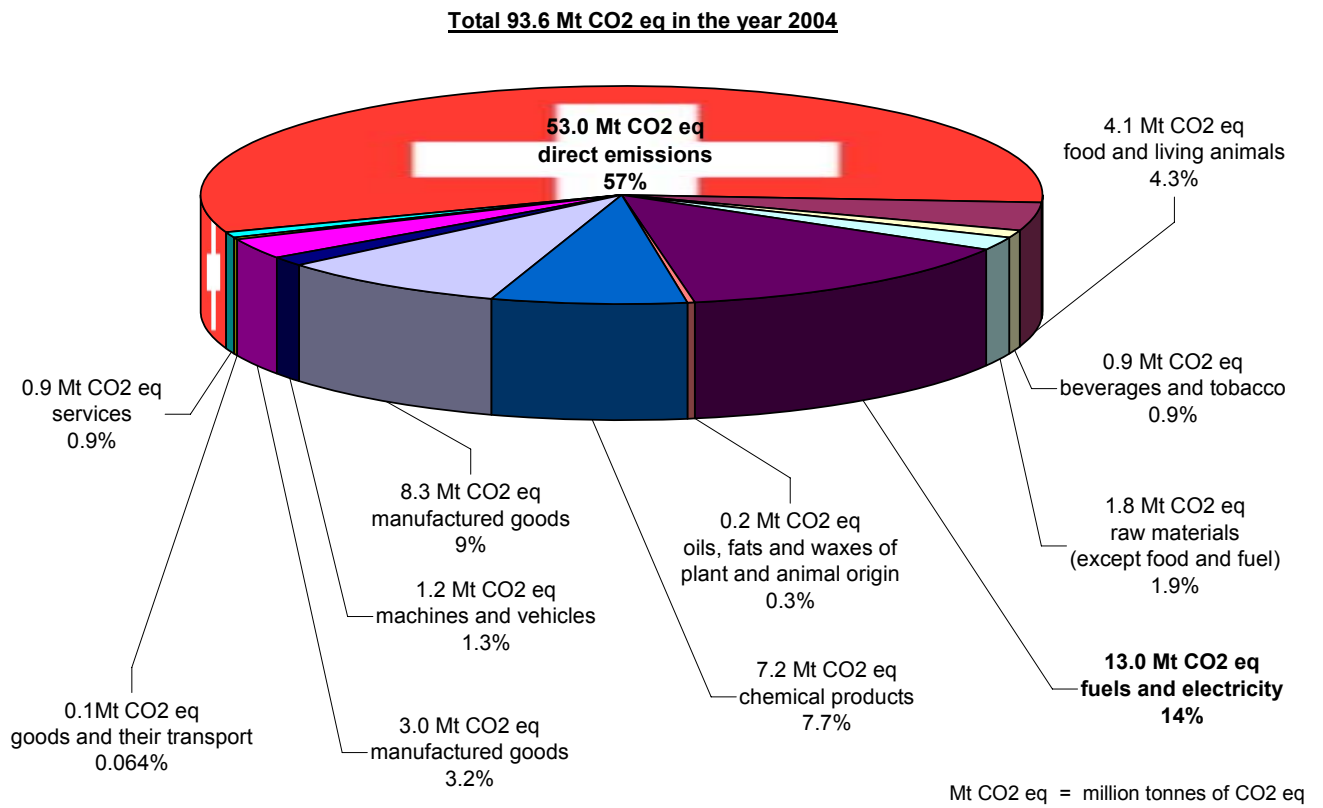
### Per capita emissions

In Switzerland, per capita emissions amounted to about 7.2 tonnes of CO<sub>2</sub> eq. (6.0 tonnes of CO<sub>2</sub>; calculated on the basis of the national inventory for 2004). When including all embodied emissions for trade in goods and electricity, they reached 12.5 tonnes of CO<sub>2</sub> eq. (10.7 tonnes of CO<sub>2</sub>). Decreasing direct CO<sub>2</sub> eq. emissions in the last 14 years have been by and large compensated by increasing imports of embodied emissions (see Fig. B). These figures clearly illustrate that the comparatively low per

capita emissions in Switzerland must be put into perspective. Including the embodied emissions, the per capita emissions have been of the same order as average emissions for OECD countries.

**Fig. A > Direct and embodied greenhouse gas emissions of Switzerland in 2004 (million tonnes of CO<sub>2</sub> eq per year).**

*This figure shows direct and embodied emissions due to the consumption of goods and services in Switzerland. The direct emissions amounted to 53 million tonnes. Most important for (net) imports was the energy sector which contributed 13 million tonnes of CO<sub>2</sub> eq. Services including net emissions from incoming and outgoing air transportation contributed only about 1 million tonnes to the total balance.*



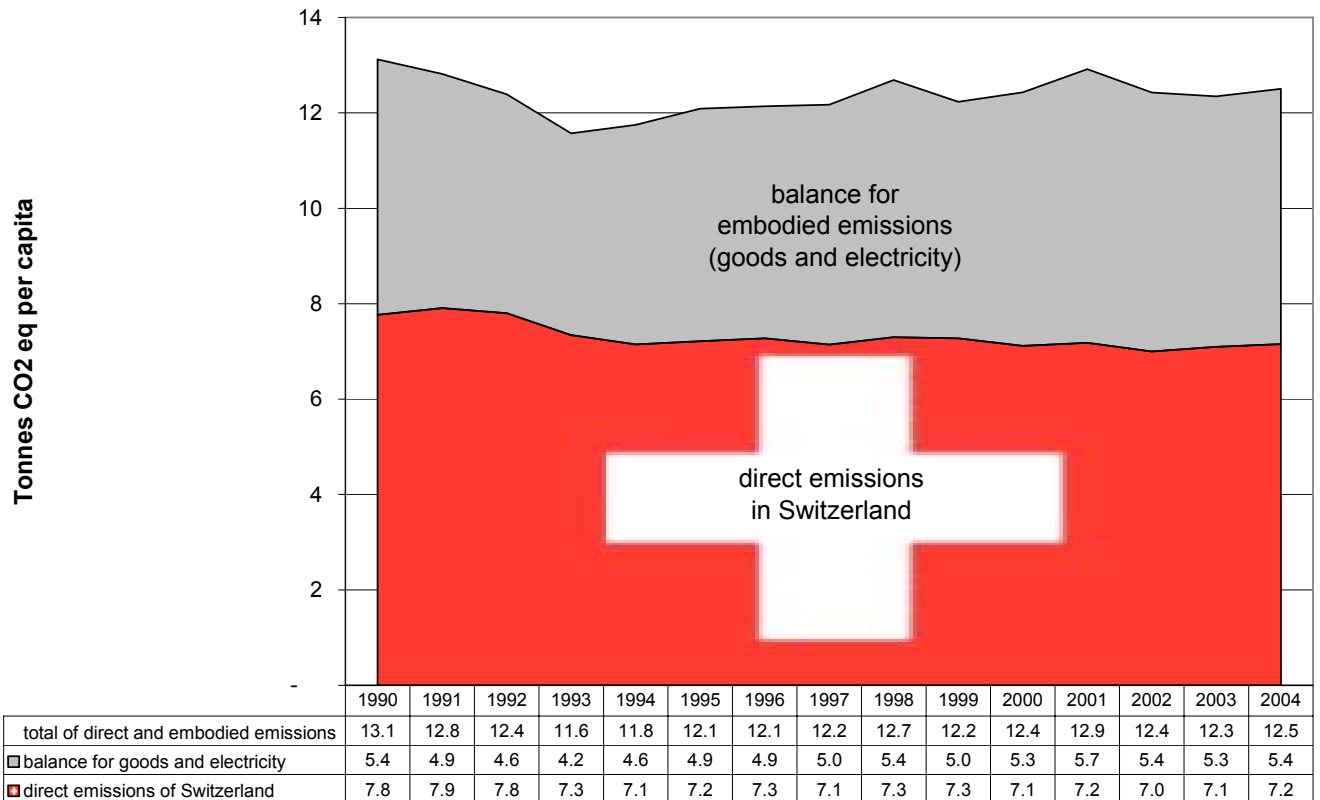
Source: Calculations ESU-services GmbH.

**International comparison**

A direct comparison with other industrialised countries is only possible for emissions of CO<sub>2</sub>. The data for Switzerland were calculated using a top-down approach and the Swiss data were compared with those for other countries. Such an analysis was made based on the methodology developed in the OECD study (Ahmad & Wyckoff 2003). The results show that Switzerland had net imports of embodied CO<sub>2</sub> emissions of about 63 % of its direct emissions, which is higher than for all other countries for which data are available. Even if full comparability is limited due to partially differing background data, the analysis confirms the results of the detailed bottom-up approach.

**Fig. B > Development of direct and embodied greenhouse gas emissions of Switzerland (tonnes CO<sub>2</sub> eq. per capita per year).**

*Direct per capita emissions of the inhabitants of Switzerland have decreased somewhat since 1990 due to constant absolute emissions and a rise in the number of people living in Switzerland. When including the embodied emissions, no clear trend of per capita emissions is visible. Embodied emissions of the services sector are not included in this graph.*



Source: Calculations ESU-services GmbH.

## Conclusions

This study confirms the results of the preceding report (Frischknecht & Jungbluth 2000) and eliminates most of its shortcomings. When comparing different countries on the basis of domestic plus embodied greenhouse gas emissions, Switzerland had per capita emissions similar to those of countries such as the Netherlands, the United Kingdom and South Korea. The importance of embodied greenhouse gas emissions induced by international trade is confirmed by two different approaches. At the same time, the contribution of Switzerland to the reduction of greenhouse gas emissions in its neighbouring countries of Germany and Italy due to electricity exports is notable if it is assumed that this electricity substitutes more CO<sub>2</sub> intensive domestic electricity production in those countries. In view of future updates, data gaps need to be completed regarding life cycle assessments and input-output tables.

## > Résumé

### Contexte

La Convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques (Convention Climat, CCNUCC) exige que ses États membres établissent chaque année des inventaires des gaz à effet de serre. Ces inventaires recensent les gaz émis sur le territoire d'un pays (principe territorial) ou, dans le cas des carburants fossiles, les émissions correspondant aux carburants là où ils sont remis au consommateur final (principe de la quantité vendue). Les émissions générées lors de la fabrication et du transport de produits commercialisés sont comptabilisées là où elles sont libérées dans l'atmosphère, soit indépendamment de l'endroit où ces produits sont consommées. Cette démarche permet d'attribuer de manière claire les émissions aux différents pays et évite des doublons et des lacunes dans les inventaires nationaux.<sup>3</sup>

Toutefois, si l'on veut connaître le volume d'émissions correspondant à la consommation de biens d'un pays (principe national), il faut déterminer les émissions dites « grises » (émissions importées et exportées) en se basant sur les échanges de biens économiques entre les pays et compléter en conséquence les émissions « directes » recensées dans l'inventaire national.

### Objectif

En Suisse, le volume d'émissions par habitant est relativement faible en comparaison d'autres pays très industrialisés: un peu plus de 6 tonnes de CO<sub>2</sub> par habitant et par an contre 11 tonnes par habitant et par an en moyenne dans les pays réunis au sein de l'OCDE. Ce résultat est dû à la petite taille du secteur industriel suisse et à une production d'électricité ne générant pratiquement pas d'émissions de CO<sub>2</sub>. Les émissions par habitant recensées selon l'inventaire national des gaz à effet de serre occultent toutefois le fait que le volume des importations de la Suisse (produits énergétiques et matières premières) est élevé. Notre pays exporte également des biens et, partant, aussi des émissions, mais dans des proportions moindres. On obtient un tableau plus proche de la réalité en ce qui concerne les émissions générées par la population suisse lorsque ces émissions grises sont également comptabilisées pour obtenir un inventaire des gaz à effet de serre basé sur le principe national. Une comparaison de cet inventaire avec l'inventaire national au sens du Protocole de Kyoto, effectuée sur une période prolongée, permet en outre de mettre en évidence les tendances concernant les transferts d'émissions au-delà des frontières et de les analyser dans la perspective d'éventuelles actions à entreprendre en matière de politique climatique.

<sup>3</sup> Les émissions du trafic aérien vers l'étranger constituent un cas particulier. Elles sont recensées dans les inventaires nationaux des gaz à effet de serre sur la base du volume de kérosène vendu (« international bunker fuels »), mais ne sont pas prises en compte dans le total des émissions nationales.

Ce rapport présente des bilans des émissions grises de gaz à effet de serre découlant du commerce extérieur de la Suisse pour la période allant de 1990 à 2004. Une étude antérieure s'était limitée aux seuls secteurs de l'énergie et de l'alimentation (Frischknecht & Jungbluth 2000). On dispose, depuis, d'écobilans détaillés et actualisés pour des produits appartenant à tous les groupes de marchandises, raison pour laquelle cette analyse peut maintenant prendre en considération le commerce de marchandises dans son ensemble.

Dans l'optique d'un bilan complet, l'étude évalue en outre les émissions de gaz à effet de serre de certains services ainsi que des transports aériens.

### **Méthode, définition du système et limites du système**

La présente étude s'articule en trois parties complémentaires. Elle se fonde d'une part sur les données (statistiques par branches et statistiques du commerce extérieur) concernant les quantités de produits vendus en Suisse et importés de ou exportés vers des pays étrangers. Les émissions de gaz à effet de serre spécifiques aux produits sont, d'autre part, quantifiées à l'aide d'écobilans ou d'analyses d'input-output.

Les bilans de gaz à effet de serre des produits importés englobent tous les processus de la chaîne de valeur ajoutée se déroulant à l'étranger. Pour le pétrole, cela implique notamment la prise en compte de l'exploration, de l'extraction et du transport à grande distance dans des pipelines, dans les pétroliers ainsi que par rail et par route jusqu'à la frontière Suisse. Les raffineries étrangères sont également incluses. En revanche, les émissions des raffineries suisses ne sont pas comptées une deuxième fois, étant déjà recensées dans l'inventaire des gaz à effet de serre.

La première partie du rapport présente un bilan détaillé du secteur de l'énergie. Ce secteur est subdivisé conformément à la structure de l'inventaire national des gaz à effet de serre établi selon les directives de la Convention sur les changements climatiques. Dans certains cas, en particulier la préparation de combustible nucléaire et le commerce d'électricité, pour lesquels il n'y a pas d'émissions de gaz à effet de serre à imputer au plan national, ainsi que l'exportation de produits pétroliers, les émissions grises ont été attribuées par analogie à des catégories appropriées. Ce bilan détaillé est utilisé pour contrôler les résultats d'ensemble du commerce de marchandises et de services.

La deuxième partie présente un bilan global pour la Suisse. Un bilan complet est établi pour le commerce de marchandises, qui comprend les émissions grises liées à la production, à la transformation et au transport des marchandises. La structure de l'inventaire national ne pouvant pas être appliquée dans le cadre de cette démarche, on a utilisé ici la structure de la statistique du commerce extérieur suisse et quantifié les émissions grises de gaz à effet de serre indépendamment de l'inventaire national. Les émissions grises de gaz à effet de serre liées à l'échange de services, y compris les transports aériens, ont par ailleurs également été déterminées.

Les bilans de ces deux domaines partiels sont établis sur la base d'écobilans ainsi que des statistiques du commerce de marchandises, de services et d'électricité. Afin de vérifier ces résultats obtenus par une analyse bottom-up, une analyse top-down est effectuée dans la troisième partie, en s'appuyant sur une méthode utilisée par l'OCDE pour 24 autres pays (Ahmad & Wyckoff 2003). Cette méthode permet de déterminer les émissions de CO<sub>2</sub> sur la base des données du commerce extérieur à l'aide de tableaux d'input-output et des statistiques des valeurs monétaires du commerce extérieur. Ces calculs sont comparés avec les résultats de la première analyse.

### Résultats pour le secteur de l'énergie

En partant de l'hypothèse que les émissions spécifiques sont restées constantes dans les chaînes de prestations préliminaires, les émissions grises de gaz à effet de serre ont augmenté d'environ 20 % au cours des trois années repères, 1990, 1998 et 2004, considérées dans cette étude (resp. 10,6, 12,5 et 12,9 millions de tonnes d'éq. CO<sub>2</sub>). L'augmentation des émissions grises est principalement imputable à la progression de la consommation de gaz naturel et à l'intensification du commerce d'électricité. Les émissions grises augmentent les émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'énergie recensées dans l'inventaire national de la Suisse de quelque 30 % pour l'année 2004 (de 25 % en 1990; de 29 % en 1998). Si l'on tient compte des gains d'efficacité dans la production d'énergie (pétrole) et dans la production étrangère d'électricité dans les années 1990, il s'avère que les émissions grises de gaz à effet de serre sont restées pratiquement constantes entre 1990 et 1998.

En 2004, près de 60 % des émissions grises de gaz à effet de serre ont été générées par l'importation de produits pétroliers et de gaz naturel et 40 % ont découlé du commerce d'électricité, la contribution de la houille, du coke et de l'uranium n'étant pas significative (env. 2 %). Les fluctuations des échanges d'électricité (influencés notamment par la production des centrales hydrauliques qui dépendent de l'hydrologie) ainsi que les variations en ce qui concerne la provenance du pétrole brut peuvent entraîner des fluctuations annuelles des émissions grises de gaz à effet de serre de l'ordre de 0,5 à 1,0 million de tonnes d'éq. CO<sub>2</sub>.

L'exportation d'électricité suisse permet aux pays importateurs (principalement l'Italie et l'Allemagne) d'améliorer leur bilan de gaz à effet de serre de quelque 17 millions de tonnes d'éq. CO<sub>2</sub> par ce que l'on appelle des «transferred benefits», en partant du principe qu'ils remplacent par des importations leur production d'électricité, qui entraîne généralement des rejets plus importants de CO<sub>2</sub>.

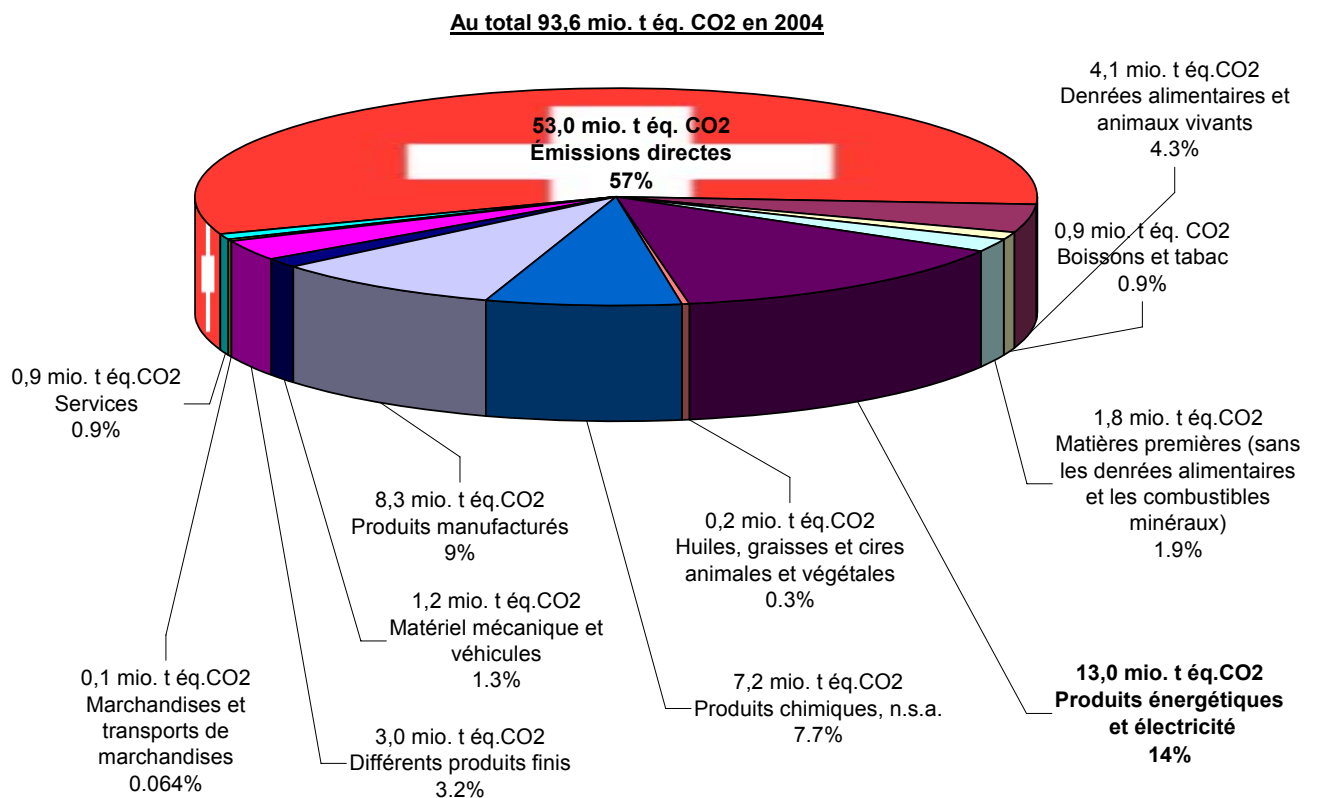
### Résultats pour le bilan global

Si l'on prend en compte toutes les émissions du commerce de marchandises et de l'échange de services, les émissions de gaz à effet de serre de la Suisse augmentent pour l'année 2004 d'une valeur nette de 40 millions de tonnes pour atteindre plus de 93,6 millions de tonnes d'éq. CO<sub>2</sub>.

La figure A regroupe les contributions directes et grises au bilan global des émissions pour l'année 2004. Il s'avère que les importations nettes d'émissions de gaz à effet de serre par le biais du commerce de marchandises et des échanges de services augmentent les émissions au sens de l'inventaire national d'environ 78%. La contribution la plus importante est imputable aux émissions grises du seul secteur de l'énergie; les émissions grises des produits chimiques et des produits manufacturés sont également élevées. La part des services (y compris les transports aériens) est proportionnellement plus faible.

**Fig. A > Émissions directes et grises de gaz à effet de serre en Suisse en 2004 (en millions de tonnes d'éq. CO<sub>2</sub> par an).**

Ce graphique prend en compte les émissions directes et grises de tous les biens et services consommés en Suisse. Les émissions directes s'élèvent à 53 millions de tonnes. Les importations nettes les plus importantes concernent le domaine de l'énergie, avec 13 millions de tonnes. Les services (y compris le bilan du trafic aérien de et vers l'étranger) ne contribuent qu'à raison d'environ 1 million de tonnes aux émissions totales.





---

### Émissions par habitant

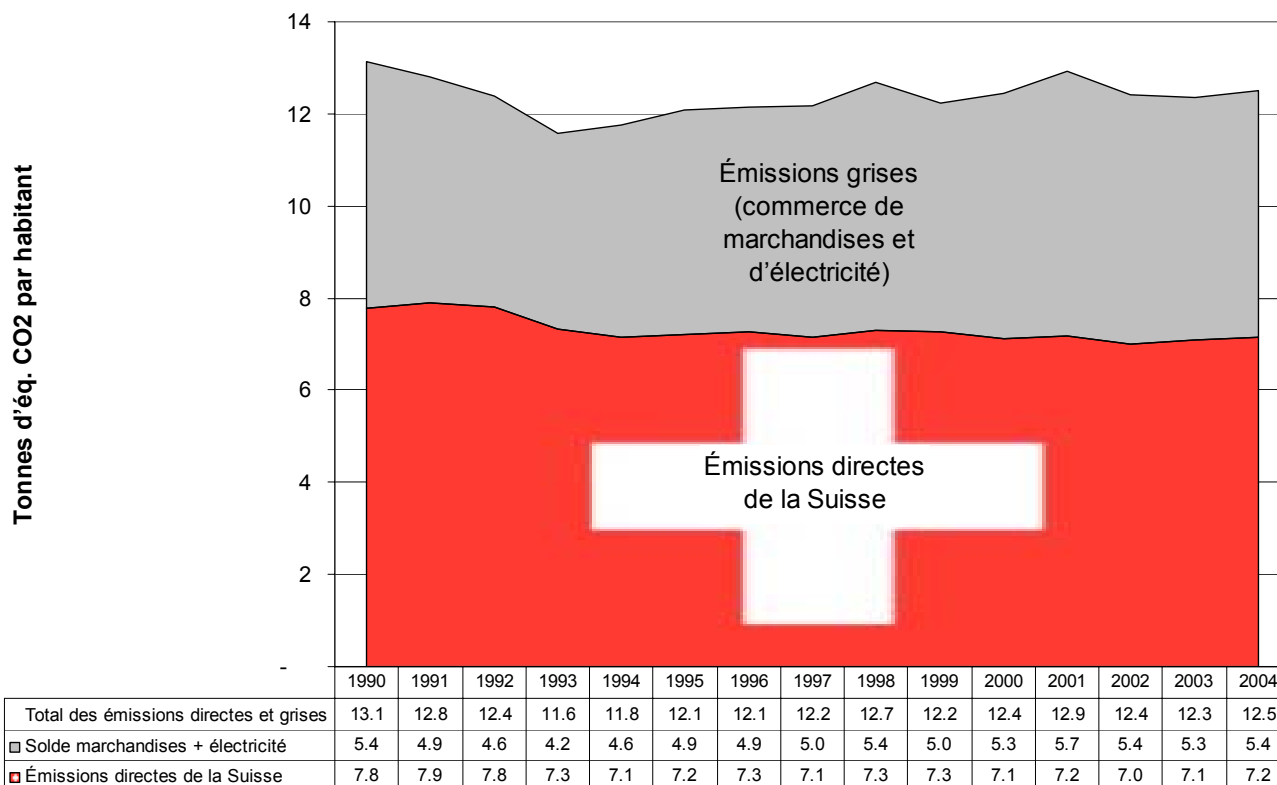
Pour l'année 2004, les émissions par habitant s'élèvent en Suisse à environ 7,2 tonnes d'éq. CO<sub>2</sub> (6,0 tonnes de CO<sub>2</sub>) selon l'inventaire national. Mais si l'on tient compte des émissions grises du commerce de marchandises et d'électricité, elles passent à quelque 12,5 tonnes d'éq. CO<sub>2</sub> (10,7 tonnes de CO<sub>2</sub>). La baisse des émissions directes par habitant amorcée en Suisse ces 14 dernières années est compensée par les émissions grises de gaz à effet de serre (cf. figure B). Ces chiffres montrent clairement que les volumes d'émissions par habitant comparativement faibles de la Suisse doivent être relativisés. Si les émissions grises sont également comptabilisées, les émissions par habitant se situent plus ou moins dans la moyenne des pays de l'OCDE.

### Comparaison internationale

Une comparaison directe avec les autres pays industrialisés n'est possible que pour les émissions de CO<sub>2</sub>. Les données pour la Suisse ont été déterminées par une analyse top-down utilisant des méthodes de calcul similaires à celles appliquées dans l'étude de l'OCDE (Ahmad & Wyckoff 2003) et comparées avec celles d'autres pays. Dans cette comparaison, la Suisse présente de loin la proportion d'importations de CO<sub>2</sub> la plus élevée, soit 63 % par rapport aux émissions directes. Même s'il n'est pas possible d'effectuer une comparaison complète, certaines données étant fondées sur des bases différentes, ce résultat confirme celui des calculs indépendants effectués par une analyse bottom-up.

**Fig. B > Évolution des émissions directes et grises de gaz à effet de serre en Suisse (en tonnes d'éq. CO<sub>2</sub> par habitant et par an).**

*En Suisse, les émissions directes par habitant ont légèrement diminué depuis 1990, alors que les émissions totales sont restées constantes et que le nombre d'habitants a quelque peu augmenté. En tenant compte des émissions grises, aucune tendance claire ne se dégage. Ce graphique ne comprend pas les émissions grises du secteur des services.*



Source: calcul ESU-services GmbH.

## Conclusions

La présente étude permet de confirmer les résultats des travaux antérieurs (Frischknecht & Jungbluth 2000) et d'éliminer en grande partie leurs points faibles. Elle montre qu'en prenant en compte les émissions grises de gaz à effet de serre, la Suisse atteint des niveaux d'émissions par habitant comparables notamment à ceux des Pays-Bas, de la Grande-Bretagne ou de la Corée du Sud. L'importance considérable des émissions de gaz à effet de serre générées par le commerce international a pu être confirmée par deux approches différentes. Par ses exportations d'électricité, la Suisse contribue également de manière significative à la réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'Allemagne et de l'Italie, si l'on part du principe que ces pays remplacent par des importations leur production d'électricité, qui libère généralement des quantités plus importantes de CO<sub>2</sub>. Dans l'optique de futures mises à jour de l'étude, il y a lieu de combler certaines lacunes importantes dans les données des écobilans et des tableaux d'input-output.

## > Riassunto

### Situazione iniziale

Gli Stati che hanno aderito alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (Convenzione sul clima, UNFCCC) sono tenuti a stilare annualmente un inventario nazionale dei gas serra che registri le emissioni generate sul proprio territorio (principio territoriale) nonché – per i carburanti fossili – nel luogo di consegna ai consumatori finali (principio della vendita). Le emissioni generate durante la fabbricazione e il trasporto di prodotti commerciali sono registrate nel punto in cui sono liberate nell'atmosfera, indipendentemente dal luogo di consumo. Questo metodo consente di attribuire chiaramente le emissioni ai singoli Paesi e di evitare doppi conteggi e lacune negli inventari nazionali<sup>4</sup>.

Se però si vuole conoscere il volume di emissioni corrispondente al consumo di beni di un Paese (principio interno), bisogna determinare le cosiddette emissioni «grigie» («importate» ed «esportate») in base agli scambi internazionali di beni e completare di conseguenza le emissioni «dirette» rilevate dall'inventario nazionale.

### Scopo

Dal punto di vista delle emissioni pro capite, la situazione della Svizzera è relativamente buona rispetto a quella di altri Paesi altamente industrializzati. Nel nostro Paese si registrano infatti poco più di 6 tonnellate di CO<sub>2</sub> pro capite all'anno, contro le circa 11 rilevate in media nell'area OCSE. Il buon risultato svizzero è attribuibile essenzialmente al settore delle piccole industrie e a una produzione di elettricità quasi priva di emissioni di CO<sub>2</sub>. I dati sulle emissioni pro capite riportati nell'inventario nazionale dei gas serra non tengono però conto del fatto che la Svizzera è molto legata alle importazioni (vettori energetici e materie prime), pur essendo anche, ma in misura più modesta, esportatrice di beni e, di conseguenza, di emissioni. Per ottenere un quadro più realistico delle emissioni generate dalla popolazione svizzera bisogna considerare anche queste emissioni «grigie», stilando quindi un inventario dei gas serra secondo il principio interno. Un confronto con l'inventario nazionale secondo il Protocollo di Kyoto su un arco di tempo più lungo permette inoltre di riconoscere eventuali tendenze di trasferimento delle emissioni oltre i confini nazionali e di analizzarle in modo da individuare un'eventuale necessità d'intervento a livello di politica climatica.

Il presente rapporto illustra i bilanci delle emissioni «grigie» di gas serra generate dal commercio estero della Svizzera tra il 1990 e il 2004. In passato era già stata condotta un'indagine, che si era tuttavia limitata ai settori energetico e alimentare (Frischknecht & Jungbluth 2000). Da allora, sono stati raccolti dati dettagliati e attuali sugli ecobilan-

<sup>4</sup> Un caso particolare è costituito dalle emissioni del traffico aereo verso l'estero, che vengono rilevate negli inventari nazionali dei gas serra in base alle vendite di cherosene (il cosiddetto «international bunker fuels»), ma non sono incluse nel totale nazionale.

ci di tutti i gruppi di merci, ed è pertanto possibile includere nell'indagine l'intero commercio di beni.

Per ottenere un bilancio completo, l'indagine effettua inoltre una stima delle emissioni di gas serra per determinati servizi e trasporti aerei.

### **Metodo, definizione e limiti del sistema**

La presente indagine si suddivide in tre parti principali che si completano a vicenda. Da un lato si basa su dati (statistiche settoriali e statistica del commercio estero) relativi ai volumi di prodotti venduti in Svizzera e scambiati con l'estero, e dall'altro quantifica le emissioni di gas serra specifiche di questi prodotti con l'ausilio di ecobilanci o analisi input-output.

I bilanci dei gas serra dei prodotti importati comprendono tutti i processi della catena di creazione di valore aggiunto che hanno luogo all'estero. Per il petrolio, ciò significa ad esempio che vengono considerati l'esplorazione, l'estrazione e il trasporto a lunga distanza attraverso oleodotti, petroliere nonché su strada e rotaia fino al confine svizzero. Sono incluse anche le raffinerie straniere. Le emissioni delle raffinerie svizzere, invece, non sono rilevate una seconda volta, essendo già contenute nell'inventario nazionale dei gas serra.

La prima parte contiene un bilancio dettagliato per il settore energetico. Tale settore è suddiviso secondo la struttura dell'inventario nazionale dei gas serra, che corrisponde alle indicazioni della Convenzione sul clima. In singoli casi, in particolare per la preparazione di combustibile nucleare e il commercio di elettricità, dove non si registrano emissioni di gas serra all'interno dei confini nazionali, come pure per l'esportazione di prodotti petroliferi, le emissioni «grigie» sono state attribuite a categorie affini. Questo bilancio dettagliato serve a verificare i risultati relativi all'intero commercio di beni e servizi.

La seconda parte riporta un bilancio complessivo per la Svizzera. Nell'ambito del commercio di beni viene inoltre presentato un bilancio completo delle emissioni «grigie» legate alla produzione, alla trasformazione e al trasporto di merci. Tale approccio non rispecchia la struttura dell'inventario nazionale. Per questo motivo, qui è stata adottata la struttura della statistica svizzera del commercio estero e le emissioni «grigie» di gas serra sono state quantificate indipendentemente dall'inventario nazionale. Sono state inoltre determinate le emissioni «grigie» di gas serra generate dallo scambio di servizi, compresi i trasporti aerei.

In entrambi i casi, le stime si basano su ecobilanci e statistiche dei volumi di commercio di beni, servizi ed elettricità. Nella terza parte, questi risultati basati su una stima bottom-up sono verificati con un bilancio top-down, realizzato secondo un metodo utilizzato dall'OCSE per altri 24 Paesi (Ahmad & Wyckoff 2003). Sono così calcolate le emissioni di CO<sub>2</sub> generate dal commercio di beni con l'ausilio di tabelle input-output e statistiche del commercio monetario. Questi calcoli vengono poi paragonati con i risultati del primo metodo.

### Risultati per il settore energetico

Supponendo che nelle catene di prestazioni preliminari le emissioni specifiche siano rimaste costanti, le emissioni «grigie» di gas serra del settore energetico sono cresciute del 20% circa tra il 1990, il 1998 e il 2004 (10,6, 12,5 e 12,9 milioni di t CO<sub>2</sub> eq). L'incremento delle emissioni «grigie» è attribuibile soprattutto al maggior consumo di gas naturale e all'intensificazione del commercio di elettricità. Tali emissioni determinano, per il 2004, un aumento di quasi il 30% (1990: 25%, 1998: 29%) delle emissioni di gas serra relative al settore energetico secondo l'inventario nazionale della Svizzera. Tenendo conto dei guadagni in termini di efficienza ottenuti nell'ambito della produzione energetica (petrolio) e della produzione di elettricità all'estero negli anni Novanta, tra il 1990 e il 1998 le emissioni «grigie» di gas serra sono rimaste pressoché costanti.

Nel 2004, quasi il 60% delle emissioni «grigie» di gas serra è stato generato dall'importazione di prodotti petroliferi e gas naturale, mentre il 40% è imputabile al commercio di elettricità. Il contributo del carbon fossile, del coke di carbon fossile e dell'uranio alle emissioni «grigie» di gas serra è minimo (2% circa). Eventuali variazioni nel commercio di elettricità (influenzate dalla produzione delle centrali idroelettriche, che dipende tra l'altro dall'idrologia) e nella provenienza del petrolio greggio possono comportare fluttuazioni annuali delle emissioni «grigie» di gas serra comprese tra 0,5 e 1,0 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti.

Grazie all'esportazione di elettricità, i Paesi importatori (soprattutto Italia e Germania) possono migliorare il loro bilancio dei gas serra di quasi 17 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti mediante i cosiddetti «transferred benefits». Ciò supponendo che tali Paesi sostituiscano la loro produzione di elettricità, per lo più caratterizzata da maggiori emissioni di CO<sub>2</sub>, con le importazioni.

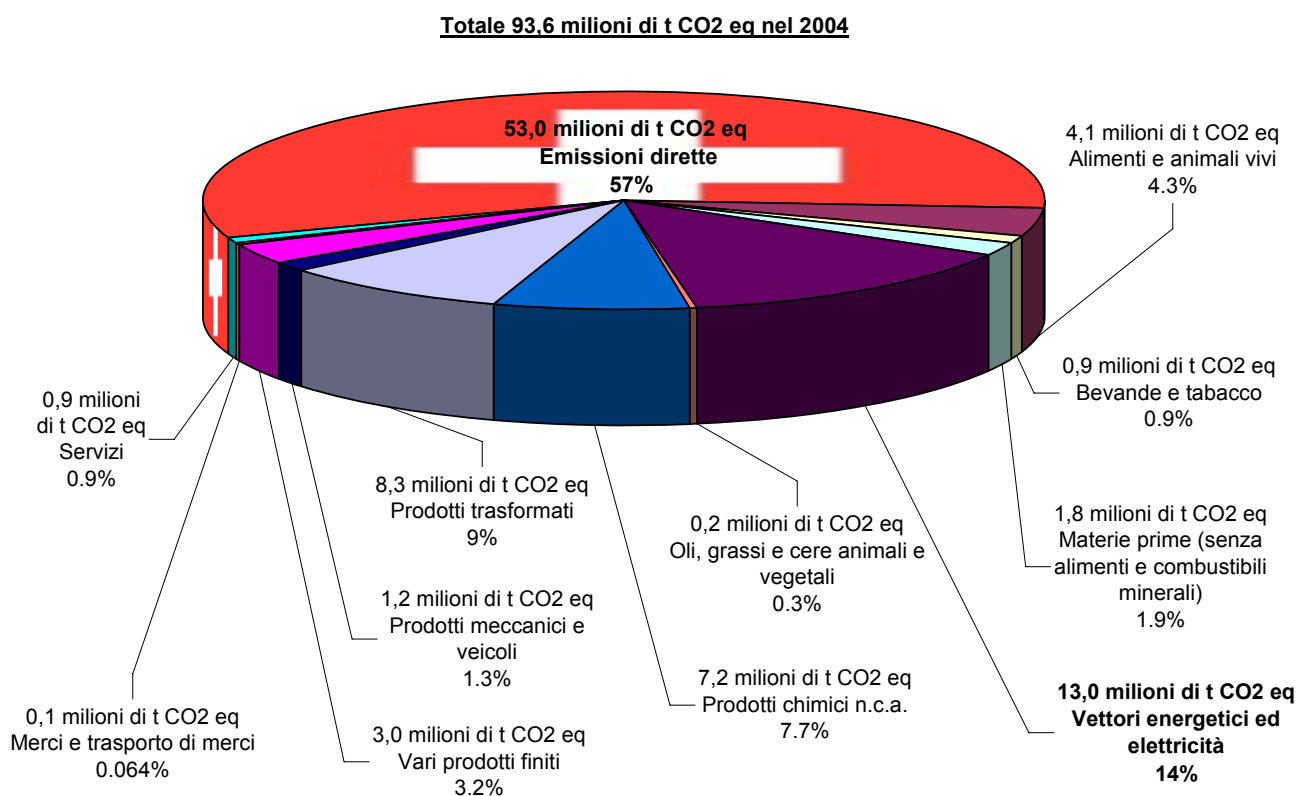
### Risultati del bilancio globale

Tenendo conto di tutte le emissioni del commercio di beni e servizi, le emissioni di gas serra della Svizzera per il 2004 registrano un incremento netto di 40 milioni di tonnellate, attestandosi su oltre 93,6 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti.

La figura A riassume i contributi diretti e indiretti al bilancio complessivo per il 2004. Come si può osservare, le importazioni nette di gas serra dovute al commercio di beni e servizi fanno aumentare di circa il 78% le emissioni secondo l'inventario nazionale. Il maggior contributo individuale proviene dalle emissioni «grigie» del settore energetico. Sono comunque importanti anche le emissioni «grigie» dei prodotti chimici e delle merci trasformate. I servizi (compresi i trasporti aerei) forniscono un contributo relativamente esiguo.

**Fig. A > Emissioni dirette ed emissioni «grigie» di gas serra in Svizzera nel 2004 (milioni di t di CO<sub>2</sub> eq all'anno).**

Il grafico considera le emissioni dirette e le emissioni «grigie» di tutti i beni e servizi consumati in Svizzera. Le emissioni dirette ammontano a 53 milioni di tonnellate. Le maggiori importazioni nette provengono dal settore energetico, con 13 milioni di tonnellate. Il contributo dei servizi (compreso il bilancio del traffico aereo da e verso l'estero) al saldo totale non raggiunge neanche 1 milione di tonnellate.



Fonte: calcolo ESU-services GmbH.

### Emissioni pro capite

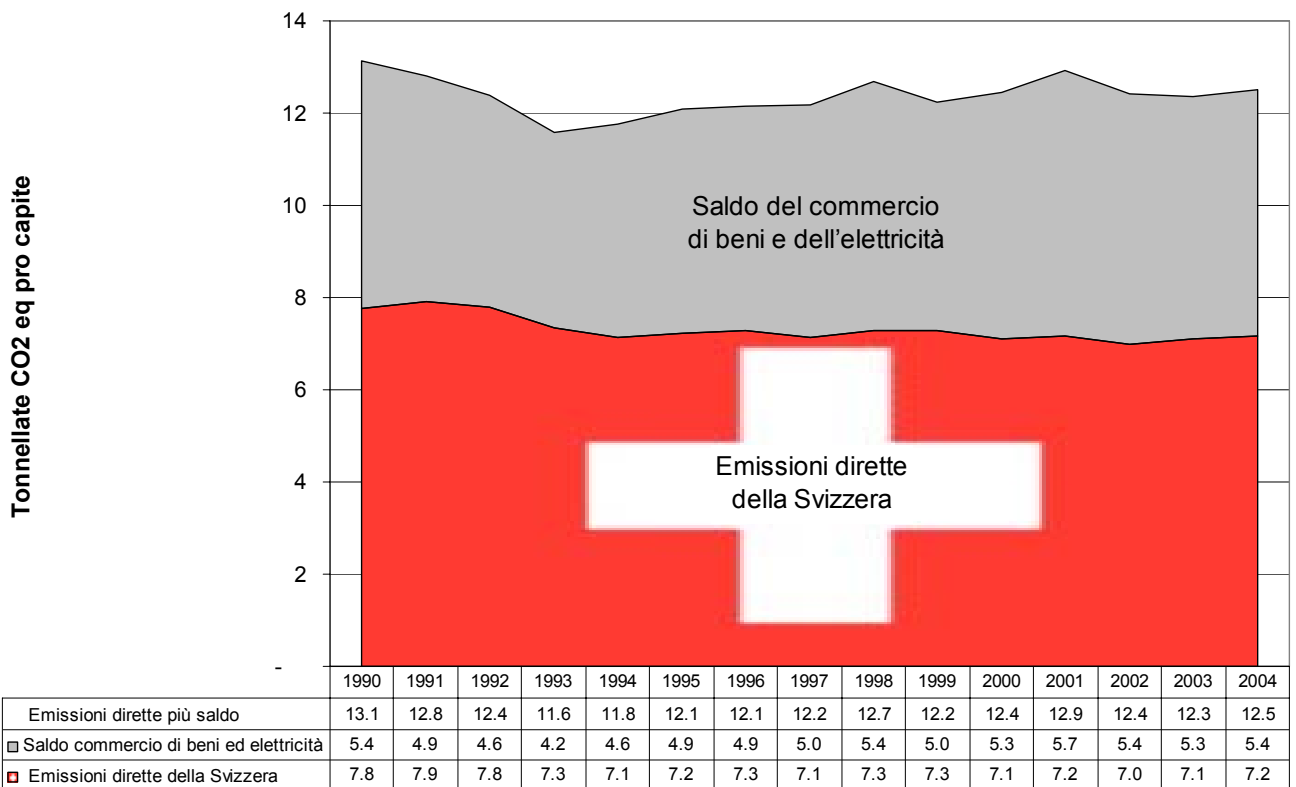
Secondo l'inventario nazionale, nel 2004 le emissioni pro capite della Svizzera erano di circa 7,2 tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti (6,0 t di CO<sub>2</sub>), che salgono poi a circa 12,5 tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti (10,7 t di CO<sub>2</sub>) se si tiene conto delle emissioni «grigie» del commercio di beni ed elettricità. Il calo delle emissioni dirette di gas serra pro capite registrato in Svizzera negli ultimi 14 anni è compensato da un rialzo delle importazioni di emissioni «grigie» (vedi figura B). Queste cifre evidenziano che il volume proporzionalmente basso di emissioni pro capite rilevato in Svizzera va relativizzato: se si considerano anche le emissioni «grigie», infatti, le emissioni pro capite rientrano nella media OCSE.

**Raffronto internazionale**

Un confronto diretto con altri Paesi industrializzati è possibile solo per le emissioni di CO<sub>2</sub>. Analogamente ai metodi di calcolo dello studio dell'OCSE (Ahmad & Wyckoff 2003), i dati per la Svizzera sono stati calcolati con un metodo top-down e paragonati con altri Paesi. Con il 63% rispetto alle emissioni dirette, la Svizzera presenta la quota d'importazione di CO<sub>2</sub> nettamente più elevata. Benché i dati non siano del tutto paragonabili a causa delle basi differenti, questo risultato conferma i calcoli indipendenti secondo il metodo bottom-up.

**Fig. B > Andamento delle emissioni dirette e delle emissioni «grigie» di gas serra in Svizzera (t di CO<sub>2</sub> eq pro capite all'anno).**

*Le emissioni pro capite dirette della popolazione residente in Svizzera sono lievemente diminuite dal 1990: le emissioni complessive sono infatti rimaste costanti, ma la popolazione è leggermente aumentata. Tenendo conto delle emissioni «grigie», non si delinea una tendenza chiara. In questo grafico non sono incluse le emissioni «grigie» del settore dei servizi.*



Fonte: calcolo ESU-services GmbH.

---

## Conclusioni

Il presente studio permette di confermare i risultati dei lavori precedenti (Frischknecht & Jungbluth 2000) e di colmarne in gran parte le lacune. Si evince che, tenendo conto delle cospicue emissioni «grigie» di gas serra, la Svizzera presenta emissioni pro capite analoghe a quelle ad esempio dei Paesi Bassi, della Gran Bretagna o della Corea del Sud. La grande importanza delle emissioni di gas serra generate dal commercio internazionale è stata confermata con due metodi differenti. Dal punto di vista quantitativo, è importante anche il contributo fornito dalla Svizzera alla riduzione delle emissioni di gas serra nei Paesi limitrofi Germania e Italia attraverso le esportazioni di elettricità. Ciò supponendo che questi due Paesi sostituiscano la loro produzione di elettricità, per lo più caratterizzata da maggiori emissioni di CO<sub>2</sub>, con le importazioni. In vista dei futuri lavori di aggiornamento rimangono tuttavia da colmare notevoli lacune di dati a livello di ecobilanci e tabelle input-output.



---

## > Einleitung

Als Vertragspartei der Klimakonvention (UNFCCC) ist die Schweiz zur Erstellung eines umfassenden und detaillierten Inventars der Treibhausgas-Emissionen verpflichtet. Im Laufe der letzten Jahre wurden verschiedene Projekte realisiert, die der Verbesserung der Vollständigkeit und Qualität dieses Inventars dienen.

Da das Treibhausgas-Inventar im Wesentlichen nach dem Territorialprinzip aufgebaut ist, gibt es die Wirklichkeit der durch die Schweiz verursachten Emissionen verzerrt wieder: Weder sind Emissionen angerechnet, die bei der Erzeugung, Verarbeitung und beim Transport von in die Schweiz importierten Produkten entstehen, noch werden die entsprechenden Emissionen in exportierten Produkten in Abzug gebracht.

Um ein realistischeres Abbild der nationalen Emissionsbilanz zu erhalten, ist die Ermittlung dieser so genannten «grauen Emissionen» von grundsätzlichem Interesse. Die Tatsache, dass die Schweiz im internationalen Vergleich relativ tiefe Pro-Kopf-Emissionen ausweist, darf nicht darüber hinweg täuschen, dass die schweizerische Wirtschaftsstruktur stark von energie- und emissionsintensiven Vorleistungen im Ausland abhängig ist (Schweizerischer Bundesrat 1997). Zudem interessiert, inwiefern aktuelle wirtschaftliche Entwicklungen (Globalisierung, Liberalisierung) zu einer systematischen Verlagerung der Emissionsquellen über die Landesgrenzen hinweg führen und politische Massnahmen zur Reduktion von Emissionen im Inland durch solche Prozesse überlagert werden. Auch die Beteiligung der Schweiz an den im Kyoto-Protokoll zur Klimakonvention vorgesehenen «Flexibilitätsmechanismen» (Anrechnung von im Ausland erfolgten Emissionsreduktionen) erscheint vor diesem Hintergrund in einem neuen Licht.

In einer Pionierarbeit hat das damalige BUWAL die Höhe der grauen Treibhausgas-Emissionen der Schweiz für den Energie- und den Ernährungssektor quantifizieren lassen (Frischknecht & Jungbluth 2000). Die grauen Treibhausgas-Emissionen dieser beiden Sektoren betragen laut dieser Untersuchung rund 34 % der inländischen Emissionen (ohne Anrechnung des Waldzuwachses). Die mit dem gesamten Aussenhandel verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden zudem grob auf zusätzliche knapp 38 % geschätzt (ohne Güterexport).

Die OECD hat im Jahr 2003 eine Untersuchung über die Höhe der mit dem Aussenhandel von OECD-Staaten verbundenen grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen publiziert (Ahmad & Wyckoff 2003). Die Schweiz wurde in dieser Studie mangels Datengrundlagen nicht einbezogen. Die Nettobilanz grauer CO<sub>2</sub>-Emissionen in den berücksichtigten Ländern schwankte zwischen Nettoimportanteilen von 17 % (Japan) bis zu Nettoexportanteilen von 20 % (Tschechien). Diese Werte sind deutlich tiefer als die in der früheren BUWAL-Studie für die Schweiz ermittelten Anteile (Frischknecht & Jungbluth 2000).

---

Wurden die grauen Treibhausgas-Emissionen in der BUWAL Studie überschätzt oder gibt es grundsätzliche Unterschiede in den Ansätzen der beiden Veröffentlichungen? Die vorliegende Aktualisierung geht diesen und weiteren Fragen nach.

# 1 > Zielsetzung und Übersicht

*In diesem Kapitel wird die Motivation und Zielsetzung für die Aktualisierung der Studie über graue Treibhausgas-Emissionen beschrieben und eine Übersicht über den Inhalt dieses Berichts gegeben.*

## 1.1 Zielsetzung

Die vorliegende Studie verfolgt in Fortsetzung der im Jahr 2000 begonnenen Arbeiten mehrere Ziele gleichzeitig. Die detaillierte Quantifizierung der grauen Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors wird in dieser Studie weitergeführt. Zusammen mit 1990 und 1998 kann damit eine Zeitspanne von 15 Jahren abgedeckt werden.

Es hatte sich gezeigt, dass der Stromhandel den grössten Einzelbeitrag der gesamten grauen Treibhausgas-Emissionen der Schweiz verursacht. Es interessiert deshalb, ob und in welchem Umfang der Schweizer Stromhandel in der Lage ist, im Ausland die Emission von Treibhausgasen zu verhindern beziehungsweise zu reduzieren.

In der Vorgängerstudie wurden bei den Warenimporten nur Nahrungsmittel detailliert untersucht. Die Datenverfügbarkeit im Bereich der Ökobilanzierung hat sich in den letzten Jahren merklich gebessert. Für recht viele Wirtschaftsbereiche stehen Sachbilanzdaten ausreichender Qualität zur Verfügung. Es ist somit möglich, eine Gesamtbilanz der grauen Treibhausgas-Emissionen der Schweiz zu erstellen. Warenimporte und -exporte gemäss Aussenhandelsstatistik und Dienstleistungshandel auf der Basis sektorspezifischer Statistiken werden mit Ökobilanzdaten verknüpft, um die importierten beziehungsweise exportierten grauen Treibhausgas-Emissionen hochzurechnen. Dieser Bottom-up-Ansatz wird hier zum ersten Mal systematisch und umfassend angewendet.

In der ersten Publikation umfassen die grauen Emissionen der internationalen Zivilluftfahrt lediglich das Bereitstellen des Kerosins. Da aber in der Schweiz wohnhafte Personen, die ins Ausland fliegen, in der Regel ein im Ausland aufgetanktes Flugzeug für den Rückflug besteigen, wurden die gesamten grauen Treibhausgas-Emissionen des Flugverkehrs in der Erstveröffentlichung vermutlich deutlich unterschätzt. Die Aktualisierung enthält deshalb eine detaillierte Analyse der mit dem internationalen Flugverkehr verbundenen grauen Treibhausgas-Emissionen und stützt sich dabei auf die Untersuchungen der NAMEA (Füssler et al. 2005).

Im Sinne einer Kontrollrechnung wird abschliessend die in der vorgenannten OECD-Studie entwickelte Methodik auch auf den Schweizer Aussenhandel angewendet. Damit können einerseits die Höhe der mittels Ökobilanzdaten ermittelten grauen

Treibhausgas-Emissionen verifiziert und andererseits die Schweizer Nettobilanz grauer CO<sub>2</sub>-Emissionen mit derjenigen anderer OECD-Staaten verglichen werden.

Mit Ausnahme des letzten Aspektes (der auf CO<sub>2</sub> beschränkt ist) werden alle im Kyoto Protokoll genannten Gase (das heisst CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC<sup>5</sup>, PFC<sup>6</sup>, SF<sub>6</sub>) berücksichtigt, obwohl die drei letztgenannten Gase für die Höhe der grauen Treibhausgas-Emissionen mengenmässig insgesamt nicht sehr bedeutend sind.

## 1.2 **Begriffe und Konzepte**

### 1.2.1 **Graue Energie und graue Emissionen**

In unserem täglichen Leben spielt Energie eine wichtige Rolle. So beziehen wir Strom aus der Steckdose, Erdgas zu Heizzwecken über die Erdgasleitung und tanken Diesel oder Biogas für den Lkw. Der Verbrauch dieser Energie ist uns – spätestens mit der Rechnung des Energieversorgungsunternehmens – bewusst. Demgegenüber erfolgt der Verbrauch der grauen Energie im Versteckten.

Bei der grauen Energie handelt es sich um diejenige Energie, die bereits früher für die Herstellung von Produkten sowie zur Erbringung von Dienstleistungen aufgewendet worden ist. Dazu zählt zum Beispiel die zur Bereitstellung des Stroms, des Diesels, des Erd- oder Biogases aufgewendete Energie. Zudem werden auch die Aufwendungen bei der künftigen Entsorgung der Produkte berücksichtigt. Es wird somit der gesamte Lebenszyklus eines Produktes oder einer Dienstleistung betrachtet.

Analog zur grauen Energie werden in dieser Studie diejenigen Emissionen, die bei der Herstellung von Produkten und Energieträgern wie auch zur Entsorgung von Produktionsabfällen verursacht werden, als graue Emissionen bezeichnet. Die Entsorgung nach der Nutzungsphase (z.B. Entsorgung abgebrannter Brennelemente) spielt im Rahmen dieser Studie bezüglich Treibhausgas-Emissionen eine stark untergeordnete Rolle und wird deshalb vernachlässigt.

Für das Ermitteln von grauen Emissionen oder grauer Energie stehen die Instrumente Input/Output-Analyse und Ökobilanz zur Verfügung. In dieser Studie gelangen beide Konzepte zur Anwendung.

### 1.2.2 **Nationale versus graue Emissionen**

Das nationale Treibhausgas-Inventar erfasst die in der Schweiz emittierten Treibhausgase. Geographische Grenzen entscheiden hier darüber, ob ein Prozess und die damit verbundenen Emissionen klimarelevanter Gase der Schweiz zugerechnet werden. Verursacher der Emissionen sind der Energiesektor (z.B. Raffinerien, Gasleitungsverluste), Industriebetriebe (z.B. Papier-, Zementindustrie), der Transportsektor (Stras-

<sup>5</sup> HFC: Teilhalogenierte Kohlenwasserstoffe.

<sup>6</sup> PFC: Perfluorierte Kohlenwasserstoffe.

---

se, Schiene, Wasser, Luft), die Landwirtschaft (z.B. Rinderhaltung, Anbau von Nutzpflanzen) und die Haushalte (z.B. Hausfeuerungen).

Im Gegensatz zu dieser geographisch definierten Sichtweise werden mithilfe der Produkt-Ökobilanz alle Emissionen und Energieverbräuche erfasst, die mit dem Konsum eines Produktes resp. der Inanspruchnahme einer Dienstleistung verbunden sind. Die Produkt-Ökobilanz teilt mit anderen Worten dem Konsum eines Produktes alle entlang der Wertschöpfungskette verursachten Emissionen zu, egal ob diese in der Schweiz oder im Ausland auftreten.

Liegt die Wertschöpfungskette eines in der Schweiz abgesetzten Produktes ganz oder teilweise im Inland, so sind die grauen Emissionen im nationalen Treibhausgas-Inventar ganz oder eben teilweise bereits berücksichtigt. Dies ist beispielsweise bei schweizerischem Transportbeton weitgehend der Fall, bei dem die Rohstoffe zum grossen Teil in der Schweiz abgebaut werden und der Klinker in einem inländischen Zementwerk gebrannt wird. Die Bereitstellung der zur Befuerung des Zementofens benötigten Steinkohle hingegen erfolgt im Ausland und hierdurch verursachte Emissionen sind im Treibhausgas-Inventar somit nicht erfasst.

Bei anderen Produkten wie beispielsweise einem MP3-Player liegt ein Grossteil der Wertschöpfungskette ausserhalb der Schweiz. In diesem Falle deckt das schweizerische Treibhausgas-Inventar nur einen kleinen Teil der gesamten Treibhausgas-Emissionen ab, die durch den Absatz des Produktes in der Schweiz verursacht werden.

Mit der hier angewandten Kombination von Ökobilanzen, nationalem Treibhausgas-Inventar und Aussenhandelsstatistik werden diejenigen grauen Treibhausgas-Emissionen zusätzlich der Schweiz angerechnet, die mit der Herstellung der in der Schweiz abgesetzten Güter verbunden sind *und* im Ausland anfallen. Diese Emissionen werden sozusagen in die Schweiz «importiert».

Die Schweiz ist ein exportorientiertes Land. Demzufolge können substantielle Teile der Wertschöpfungskette eines Produktes in der Schweiz liegen, das für den Export bestimmt ist. In diesen Fällen werden die mit diesen Produkten verbundenen, in der Schweiz anfallenden Treibhausgas-Emissionen spiegelbildlich «exportiert» und dem entsprechenden Handelspartner angerechnet. Im Inventar der grauen Treibhausgas-Emissionen sind diese Emissionen deshalb in Abzug gebracht.

Will man die grauen Treibhausgas-Emissionen mithilfe des Ökobilanz-Ansatzes umfassend quantifizieren, muss also darauf geachtet werden, dass nur diejenigen Emissionen der Wertschöpfungskette der Produkte einbezogen werden, die im Ausland liegen.

## Übersicht

Der Bericht ist in drei inhaltliche Teile gegliedert. Nach Kapitel 2 *Systemgrenzen*, in welchem die in dieser Studie angewendeten Systemgrenzen detailliert erläutert werden, wird in einem ersten Teil die Detailanalyse der grauen Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors präsentiert (Kap. 3 *Zielsetzung und Übersicht*).

Im zweiten Teil wird die Gesamtbilanz der grauen Treibhausgas-Emissionen der Schweiz erstellt. Zunächst wird die angewendete Methodik erläutert (Kap. 4 *Methodisches Vorgehen für die Gesamtbilanz Schweiz*). Danach werden die grauen Treibhausgas-Emissionen des Warenhandels (Kap. 5 *Graue Treibhausgas-Emissionen: Waren*) und des Handels mit Dienstleistungen (Kap. 6 *Graue Treibhausgas-Emissionen: Dienstleistungen*) quantifiziert. In Kapitel 7 *Ergebnisse Gesamtbilanz Schweiz* werden die beiden Teilergebnisse dann zur Gesamtbilanz Schweiz zusammengefasst.

Im dritten Teil (Kap. 8 *OECD-Studie zu grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen*) werden die im zweiten Teil präsentierten Ergebnisse mit einem anderen methodischen Ansatz verifiziert. Es handelt sich dabei um einen Ansatz, den die OECD verwendet, um die mit dem Handel von Waren und Elektrizität verbundenen grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu quantifizieren.

Im abschliessenden Kapitel 9 *Folgerungen* werden die gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst und weiterer Forschungsbedarf aufgezeigt. Anhänge mit umfangreichem Datenmaterial und diversen Verzeichnissen runden den Bericht ab.

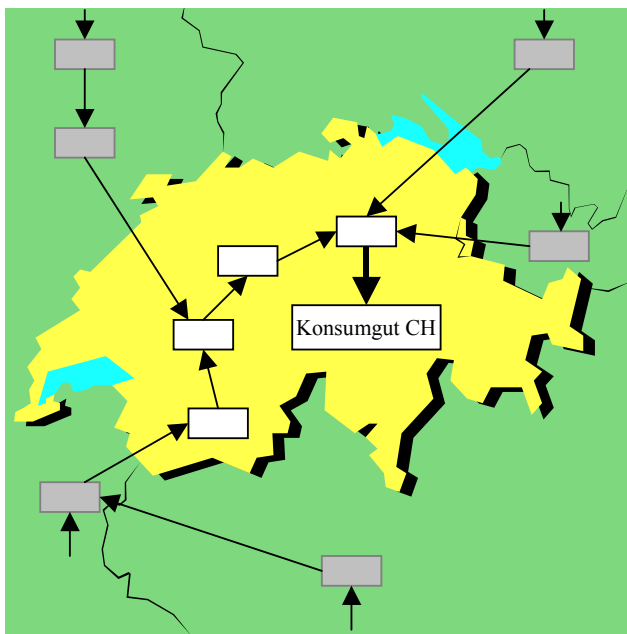
## 2 > Systemgrenzen

Allen Bilanzen gemein ist das Prinzip, die Emissionen einem klar abgrenzbaren Bezugsrahmen zuzuordnen. Beim nationalen Treibhausgas-Inventar umfasst dieser Rahmen einerseits die Emissionen, die innerhalb des Territoriums eines Landes entstehen (Territorialprinzip). Andererseits werden im Falle der fossilen Treibstoffe die Emissionen dort angerechnet, wo die Treibstoffe an den Endverbraucher abgegeben werden (Absatzprinzip). Die Gesamtbilanz Schweiz kombiniert die Optik des Treibhausgas-Inventars mit der Konsumentenoptik. Dadurch kann die Höhe der durch Inlandkonsum im Ausland verursachten grauen Treibhausgas-Emissionen und der durch Waren- und Dienstleistungsexport exportierten Treibhausgas-Emissionen ermittelt werden.

Die Unterscheidung zwischen «grauen» und «weissen» Treibhausgas-Emissionen wird prinzipiell gemäss dem Territorialprinzip und meist in Kombination mit der Konsumentenoptik vorgenommen (siehe Abb. 1 und Abb. 2).

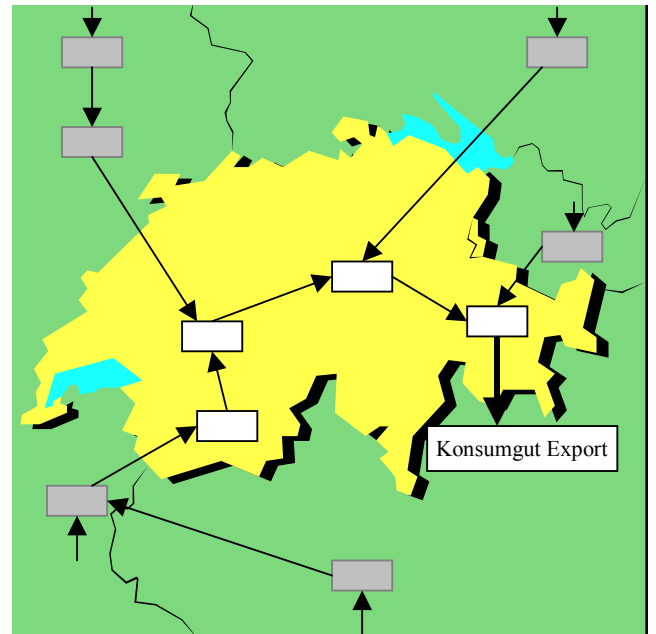
**Abb. 1 > Unterscheidung zwischen «weissen» und «grauen» Emissionen: Konsum in der Schweiz.**

Die bei der Herstellung eines Konsumgutes in der Schweiz anfallenden Emissionen werden als weisse, diejenigen die im Ausland anfallen als graue Emissionen bezeichnet.



**Abb. 2 > Unterscheidung zwischen «weissen» und «grauen» Emissionen: Export ins Ausland.**

Bei exportierten Gütern werden sowohl die weissen als auch die grauen Emissionen exportiert, die entlang der Wertschöpfungskette verursacht werden.



Quelle: Eigene Darstellung.

Die zur Bestimmung der grauen Treibhausgas-Emissionen angewandten Systemgrenzen sind im Grundsatz gleich, in der detaillierten Ausgestaltung jedoch je nach Bilanzobjekt etwas unterschiedlich.

Bei der Bestimmung der grauen Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors werden die Emissionen, die im Ausland bei Energiegewinnung und -transport auftreten, als graue Emissionen bezeichnet. In Abzug gebracht werden diejenigen Emissionen des Energiesektors in der Schweiz (hier «weisse» Emissionen genannt), die bei der Energieveredelung (zum Beispiel Erdöl-Raffinerien) und Energieumwandlung (zu Strom) von Energieprodukten anfallen und die exportiert werden. Es handelt sich dabei um relativ bescheidene Mengen an Erdölprodukten (v.a. Heizöl schwer) und um beachtliche Mengen an Elektrizität.

Ein Teil der Energieträger wird in der Schweiz in Unternehmen eingesetzt, die für den Export produzieren. Diesem Umstand wird in der Bilanz des Energiesektors (siehe Kap. 3 *Graue Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors*) aus methodischen Gründen nicht Rechnung getragen.

In der Gesamtbilanz Schweiz (Kap. 4 *Methodisches Vorgehen für die Gesamtbilanz Schweiz* bis Kap. 7 *Ergebnisse Gesamtbilanz Schweiz*) werden alle Treibhausgas-Emissionen, die mit der Bereitstellung von Produkten und Dienstleistungen für den Import und Export verbunden sind, quantifiziert. Für importierte Waren werden alle Aufwendungen zu deren Herstellung im Ausland und die Transporte in die Schweiz erfasst. In der Gesamtbilanz werden dann die grauen (und weissen) Treibhausgas-Emissionen der Herstellung von Exportgütern in Abzug gebracht. Für Dienstleistungen z.B. aus dem Finanzsektor wird analog vorgegangen.

Aufgrund der Unterschiede zwischen der Bilanz für den Energiesektor einerseits (Systematik des Treibhausgas-Inventars) und der Gesamtbilanz Schweiz andererseits (Systematik der Aussenhandelsstatistik) sind die Ergebnisse der beiden Vorgehensweisen leicht unterschiedlich. Die Ergebnisse können aber gegenseitig verifiziert werden (siehe Tab. 33, Kap. 5.10).

In Unterkap. 6.1 *Flugtransporte* (Teil der Gesamtbilanz) werden die von der schweizerischen Bevölkerung im Inland durch den Kerosinabsatz verursachten Treibhausgas-Emissionen als «weisse Emissionen» bezeichnet. Die bei der Bereitstellung dieses Kerosins verursachten Emissionen, die Emissionen des Kerosinverbrauchs durch die (internationalen) Rückflüge zurück in die Schweiz und die dazu wiederum verursachten Bereitstellungs-Emissionen werden alle als «graue Emissionen» klassiert. In Abzug zu bringen sind (weisse und graue) Emissionen von Kerosin für ausländische Fluggäste, die von der Schweiz aus zurückfliegen oder die Schweiz als Transitland benutzen. Die in diesem Unterkapitel quantifizierten grauen Emissionen ergänzen somit diejenigen grauen Emissionen, die mit der Bereitstellung der Bunker fuels verbunden sind (siehe Unterkap. 3.5.3 *Graue Treibhausgas-Emissionen des Erdölprodukte-Absatzes und -Exports*).



## 3 > Graue Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors

---

*Mit Ausnahme von Holz, Wasserkraft und den übrigen erneuerbaren Energien (Sonne, Wind, Biogas und Umweltwärme) ist die Schweiz auf Energieimporte angewiesen. Infolge der Gewinnungs- und Veredelungsverfahren für fossile und spaltbare Energieträger werden durch die in die Schweiz importierten Energieträger im Ausland namhafte Treibhausgas-Emissionen verursacht. Andererseits werden auch Energieträger exportiert, so etwa Elektrizität (wichtig) oder in der Schweiz raffinierte und anschliessend exportierte Erdölprodukte (weniger wichtig).*

---

### 3.1 Übersicht

In diesem Kapitel werden Vorgehen und Methodik beschrieben und die Datenquellen genannt. In Unterkap. 3.4 *Gesamtergebnis des Energiesektors* werden die Gesamtergebnisse zu den grauen Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors der Jahre 1990, 1998, 2003 (als Sensitivitätsanalyse) und 2004 präsentiert. Es handelt sich dabei um eine Zusammenfassung der detaillierten Analysen der einzelnen Energieprodukte. Diese werden in den nachfolgenden Unterkapiteln beschrieben.

### 3.2 Vorgehen und Methodik

Für jedes Energieprodukt werden graue Treibhausgas-Emissionsfaktoren mittels Daten aus der Ökobilanz Datenbank ecoinvent bestimmt. Aus den Emissionsfaktoren und den Verbrauchsdaten aus dem schweizerischen Treibhausgas-Inventar kann die in einem Jahr für die Bereitstellung der Energieprodukte emittierte Menge grauer Treibhausgase berechnet werden.

Die Emissionsfaktoren umfassen alle Emissionen, die von der Förderung bis an die Schweizer Grenze anfallen. Im Falle der Schweiz fällt für die meisten Energieprodukte praktisch der ganze Teil der Treibhausgas-Emissionen der Bereitstellung im Ausland an. Ein Teil der Erdölprodukte wird von schweizerischen Raffinerien hergestellt und deren Emissionen sind somit als weisse Emissionen im nationalen Treibhausgas-Inventar bereits berücksichtigt. Die im Folgenden ausgewiesenen Emissionsfaktoren sind jeweils um solche Anteile weisser Emissionen korrigiert.

Zusätzlich zu den im Treibhausgas-Inventar enthaltenen Rubriken werden die Emissionen der Bereitstellung von Brennelementen für Kernkraftwerke, des Imports und

Exports von Elektrizität und des Exports von in der Schweiz hergestellten Mineralölprodukten quantifiziert.

Da sich diese Studie am Treibhausgas-Inventar orientiert, sind die unter der Rubrik «Internationale Bunkerung» verbuchten Verbräuche im Total jeweils nicht enthalten. Bei der sektoriellen Betrachtung (Abschnitt 3.4.2 *Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Energiesektors*, Anhang A2) werden deren grauen Treibhausgas-Emissionen jedoch zusätzlich ausgewiesen.

Das nationale Treibhausgas-Inventar wird wie die Gesamtenergiestatistik der Schweiz jährlich erstellt. Deshalb liegen die Verbrauchszahlen für alle drei betrachteten Zeitpunkte (1990, 1998, 2004) direkt vor. Ökobilanzdaten hingegen werden nicht im selben Rhythmus aktualisiert. Methodische und inhaltliche Fortschritte führen zudem zu einer beschränkten Vergleichbarkeit von Ökobilanzdaten aus unterschiedlichen Jahren. Deshalb wurden die Emissionsfaktoren vereinfachenderweise nur basierend auf einer einzigen Datenbank als Datengrundlage, jedoch unter Berücksichtigung der jeweiligen Versorgungs- und Verbrauchssituation der drei betrachteten Zeitpunkte, berechnet. Für alle drei Jahre wird deshalb ein Stand der Technik verwendet, der etwa dem Jahr 2000 entspricht. Währenddem dies für 1998 und 2004 zu keiner wesentlichen Vergrößerung der Unsicherheit beiträgt, ist der Unterschied zu 1990 vermutlich signifikant. Deshalb werden in Abschnitt 3.4.4 *Entwicklung der letzten 15 Jahre: Trend oder zufällige Schwankungen?* die 1990er Ergebnisse der früheren Studie zum Vergleich beigezogen.

Die in diesem Kapitel hergeleiteten Zahlen sind nicht 100% identisch zu denjenigen die im Kapitel zu den Waren (Kap. 5 *Graue Treibhausgas-Emissionen: Waren*) verwendet werden. Dort wird konsequent auf die Aussenhandelsstatistik abgestellt, währenddem für dieses Kapitel primär die Energiestatistiken und auf die jeweiligen Jahre angepasste Ökobilanzdaten zur Anwendung kommen. Die dadurch entstehenden Abweichungen sind jedoch gering.

### 3.3

## Datenquellen

Als Datengrundlagen für die Quantifizierung der grauen Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors werden einerseits die nationalen Energiestatistiken (BFE 2005a; b), die nationalen und globalen Statistiken der Energieverbände (BP Amoco 2005; EV 2005; VSG 2005) und punktuell auch die Aussenhandelsstatistik (Eidg. Oberzolldirektion 2004) verwendet. Die wichtigste Quelle sind die Tabellen der schweizerischen Treibhausgas-Inventare der jeweiligen Jahre sowie die Grundlagendaten dazu.

Als Ökobilanzdatenbank wird der ecoinvent Datenbestand in der Version V1.2 (inkl. Korrekturen bis zum 17.5.2006) verwendet (ecoinvent Centre 2006). Die Daten sind insofern an die betrachteten Jahre angepasst, als dass Veränderungen in der Herkunft der Energieträger für die Schweiz berücksichtigt sind. Basierend darauf werden die Emissionsfaktoren der grauen Treibhausgase bestimmt.

### 3.4 Gesamtergebnis des Energiesektors

#### 3.4.1 Saldo von Energieprodukteimport und -export

Bei den Erdölprodukten sowie bei der Steinkohle hat eine Reduktion des Importsaldos über die betrachtete Periode von 1990 bis 2004 stattgefunden, wobei sich der Absatz von Erdölprodukten weiterhin auf hohem Niveau befindet (siehe Tab. 1). Der Verbrauch von Erdgas und Uran ist in der gleichen Zeit deutlich angestiegen. Der Stromhandel zeigt stark schwankende Exportüberschüsse.

**Tab. 1 > Übersicht zum Saldo von Energieprodukteimport und -export der Schweiz für die Jahre 1990, 1998, 2004.**

TJ	Erdölprodukte	Erdgas	Steinkohle & Steinkohlenkoks	Uran	Stromhandel
1990	460'142	67'601	16'433	243'251	-7'589
1998	460'376	98'085	4'922	265'833	-21'434
2004	450'810	112'506	6'018	277'440	-2'531

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

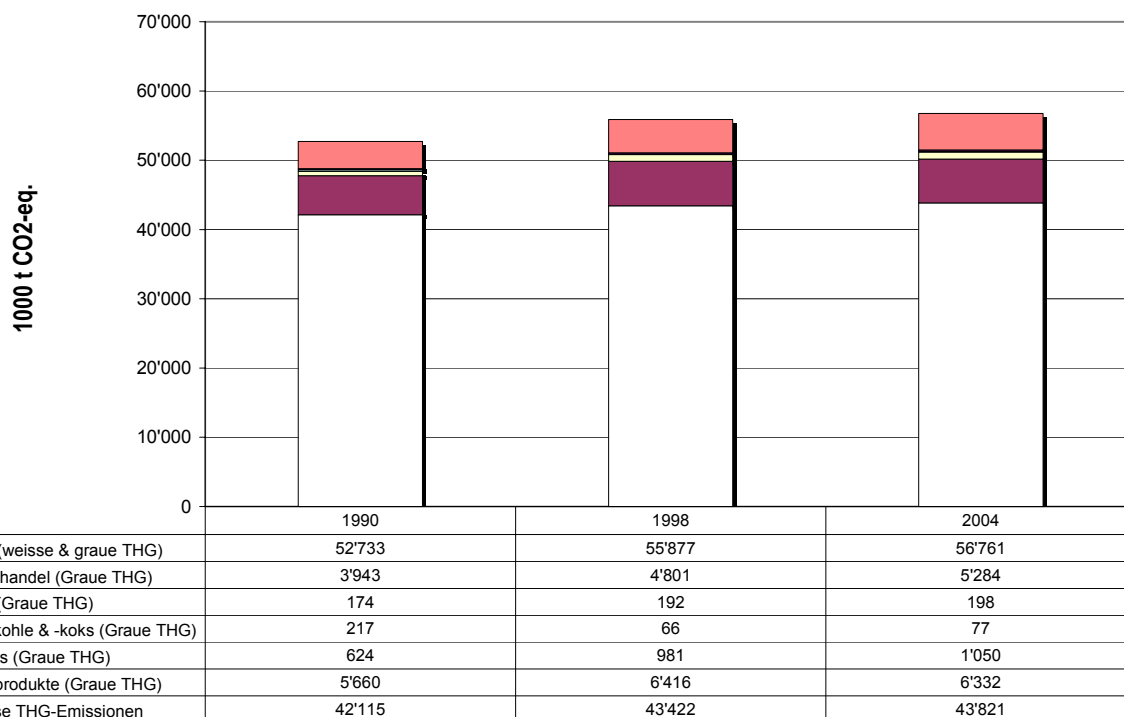
#### 3.4.2 Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Energiesektors

Abb. 3, Abb. 4 und Abb. 5 zeigen drei verschiedene Sichtweisen auf die grauen Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Energiesektors. Die erste Abbildung stellt die grauen den weissen Emissionen des Energiesektors gegenüber. Es wird deutlich, dass 2004 knapp 30 % graue Emissionen zu den weissen hinzukommen und dass dieser Anteil über die betrachteten Zeitpunkte zugenommen hat (1990: 25 %, 1998: 29 %, 2004: 30 %). Die zweite Abbildung (Abb. 4) ordnet die Emissionen nach den Energieprodukten, woraus ersichtlich wird, dass vor allem über den Verbrauch von Erdölprodukten sowie durch den Stromhandel signifikante Mengen an grauen Treibhausgas-Emissionen verursacht werden. Dies hängt einerseits mit dem hohen Verbrauch dieser Energieträger zusammen (siehe Tab. 1), andererseits aber auch mit deren überdurchschnittlichen Emissionsfaktoren (siehe dazu die Unterkapitel zu den jeweiligen Energieträgern).

Gemäss der Aufschlüsselung der grauen Treibhausgas-Emissionen nach den Sektoren des Treibhausgas-Inventars (Abb. 5), verursacht der Sektor «Energieumwandlung» die meisten grauen Treibhausgas-Emissionen, wobei praktisch die gesamte Menge aus dem Stromhandel stammt. Die Absatzsteigerung bei der Elektrizität ist zusammen mit der Erhöhung beim Emissionsfaktor (siehe Abschnitt 3.10.3, Tab. 22) der Hauptgrund für den deutlichen Anstieg der grauen Treibhausgas-Emissionen bei der Energieumwandlung.

Abb. 3 > Weisse und graue Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Energiesektors nach Energieträgern für die Jahre 1990, 1998 und 2004.

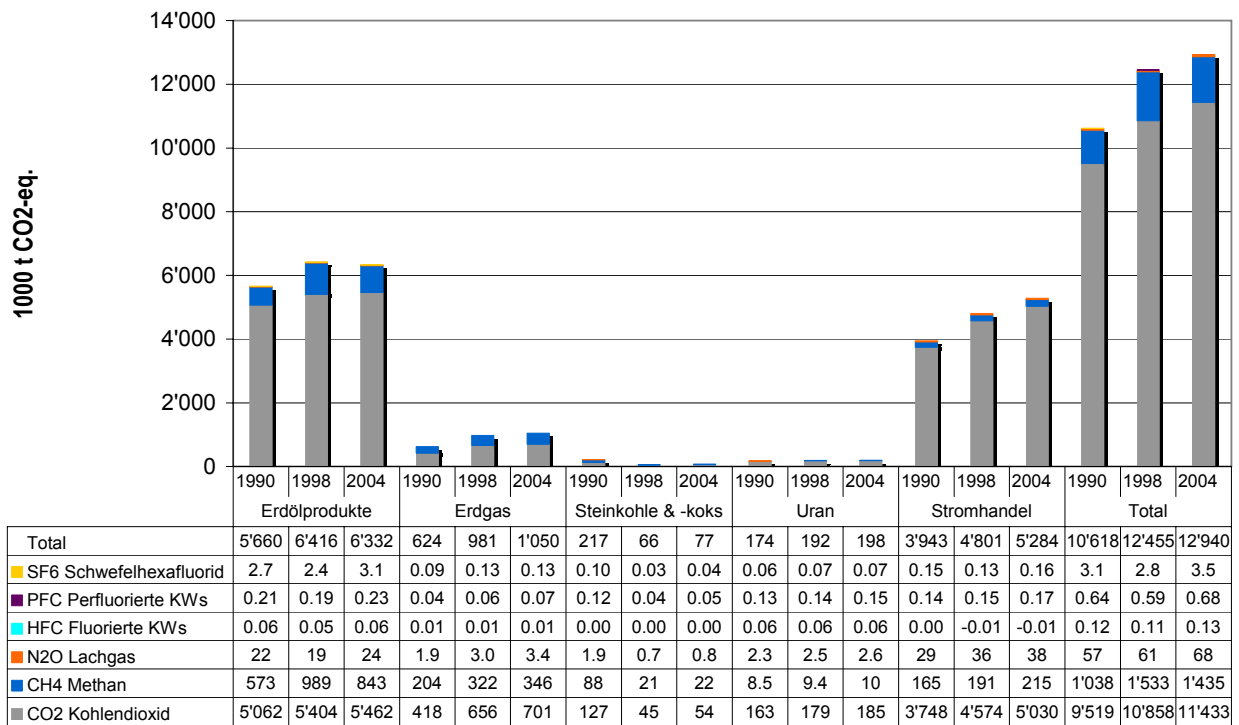
### Weisse und graue Treibhausgasemissionen des schweizerischen Energiesektors



Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

Abb. 4 > Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Energiesektors nach Energieprodukten für die Jahre 1990, 1998 und 2004.

### Graue Treibhausgasemissionen des schweizerischen Energiesektors

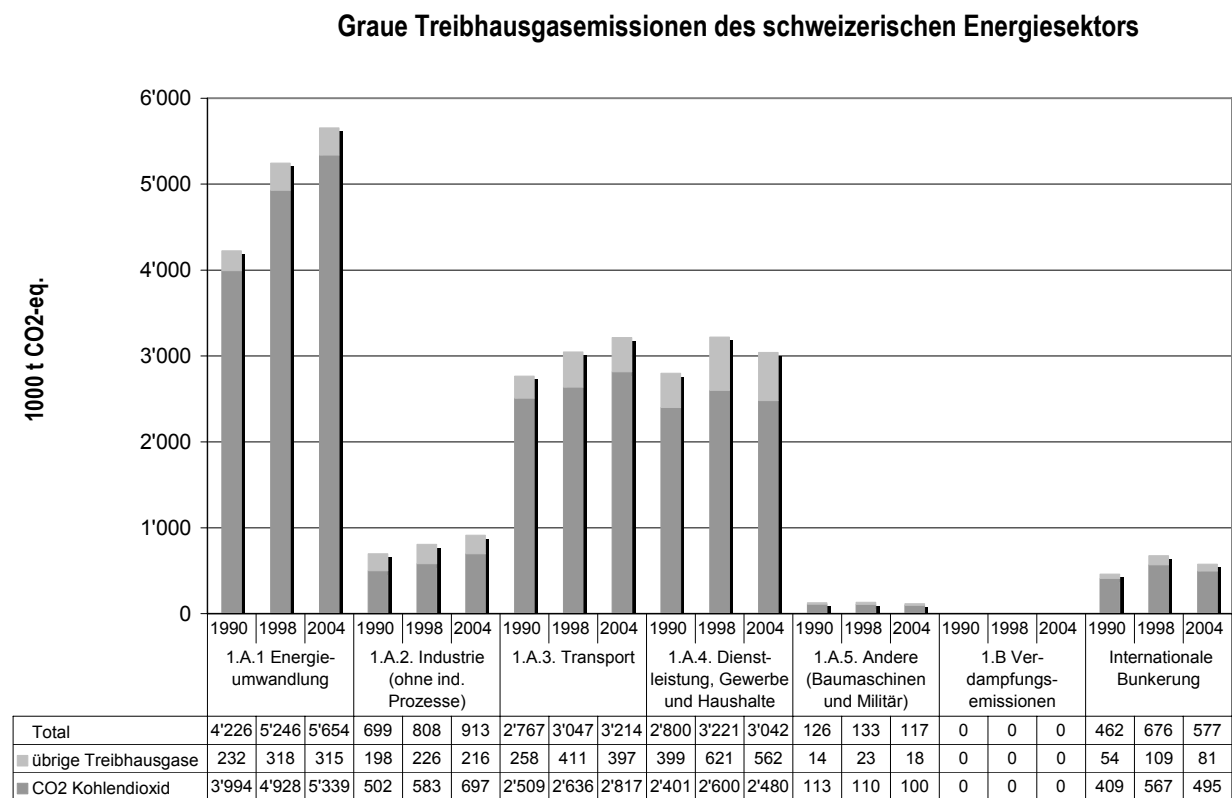


Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

Die Sektoren «Transport» und «Dienstleistung, Gewerbe und Haushalte» verursachen ähnliche Mengen grauer Treibhausgase (Abb. 5). Währenddem bei ersterer Rubrik Benzin und Diesel die bedeutendsten Beiträge liefern, stammen die grauen Treibhausgase bei letzterer insbesondere aus dem Heizöl- und Erdgasverbrauch (zu 75 % resp. 20 %). Die restlichen 5 % in «Dienstleistung, Gewerbe und Haushalte» sind Treibstoffverbräuche in Land- und Forstwirtschaft.

Die «Internationale Bunkerung» (Emissionen des internat. Flugverkehrs) – welche im Total nach Treibhausgas-Inventar nicht enthalten ist – führt zu einer zusätzlichen Menge grauer Treibhausgase in der Grössenordnung von rund 5 % und liegt mit diesem Anteil nur wenig tiefer als die Emissionen aus der Industrie, welche im Total enthalten ist.

Abb. 5 > Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Energiesektors nach Sektoren für die Jahre 1990, 1998 und 2004.



Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

### 3.4.3 Sensitivitätsanalyse Gesamtenergiesektor 2003

#### 3.4.3.1 Einführung und Motivation

Das Jahr 2003 war in klimatischer Hinsicht ein Ausnahmejahr (langer, sehr heisser und trockener Sommer mit grossen Schmelzwassermengen) und wird deshalb im Sinne einer Sensitivitätsbetrachtung zusätzlich analysiert. Auch bezüglich Stromhandel, einer für die Bilanz der grauen Treibhausgas-Emissionen massgeblichen Aktivität, unterscheidet sich das Jahr 2003 von den anderen in dieser Studie analysierten Jahre (1990, 1998, 2004). Wie in Unterkap. 3.10 *Stromhandel* gezeigt wird, wurde das maximale Strom-Handelsvolumen allerdings im Jahr 2001 erreicht. Jenes Jahr war durch eine deutlich überdurchschnittliche Wasserverfügbarkeit gekennzeichnet, was sich in einer überdurchschnittlichen Produktion der Schweizer Wasserkraftwerke niederschlug (21 % über dem langjährigen Mittel). Das Jahr 2003 war bezüglich Wasserkrafterzeugung leicht überdurchschnittlich (4 % über dem langjährigen Mittel).

Durch eine detaillierte Analyse der Energiebereitstellung des Jahres 2003 wird aufgezeigt, inwiefern sich ein erhöhter Stromhandel mit dem Ausland auf die Höhe der grauen Treibhausgas-Emissionen auswirkt.

#### 3.4.3.2 Saldo von Energieprodukteimport und -export

Der Saldo des Handels mit Energieprodukten des Jahres 2003 (Tab. 2) ist sehr ähnlich zum Saldo im Jahr 2004 (Tab. 1). Einzig Uran zeigt im Jahr 2003 einen um ca. 10'000 TJ höheren Absatz gegenüber 2004.

**Tab. 2 > Übersicht zum Saldo von Energieprodukteimport und -export der Schweiz für das Jahr 2003.**

TJ	Erdölprodukte	Erdgas	Steinkohle & Steinkohlenkoks	Uran	Stromhandel
2003	450'648	109'132	6'120	282'884	-11'203

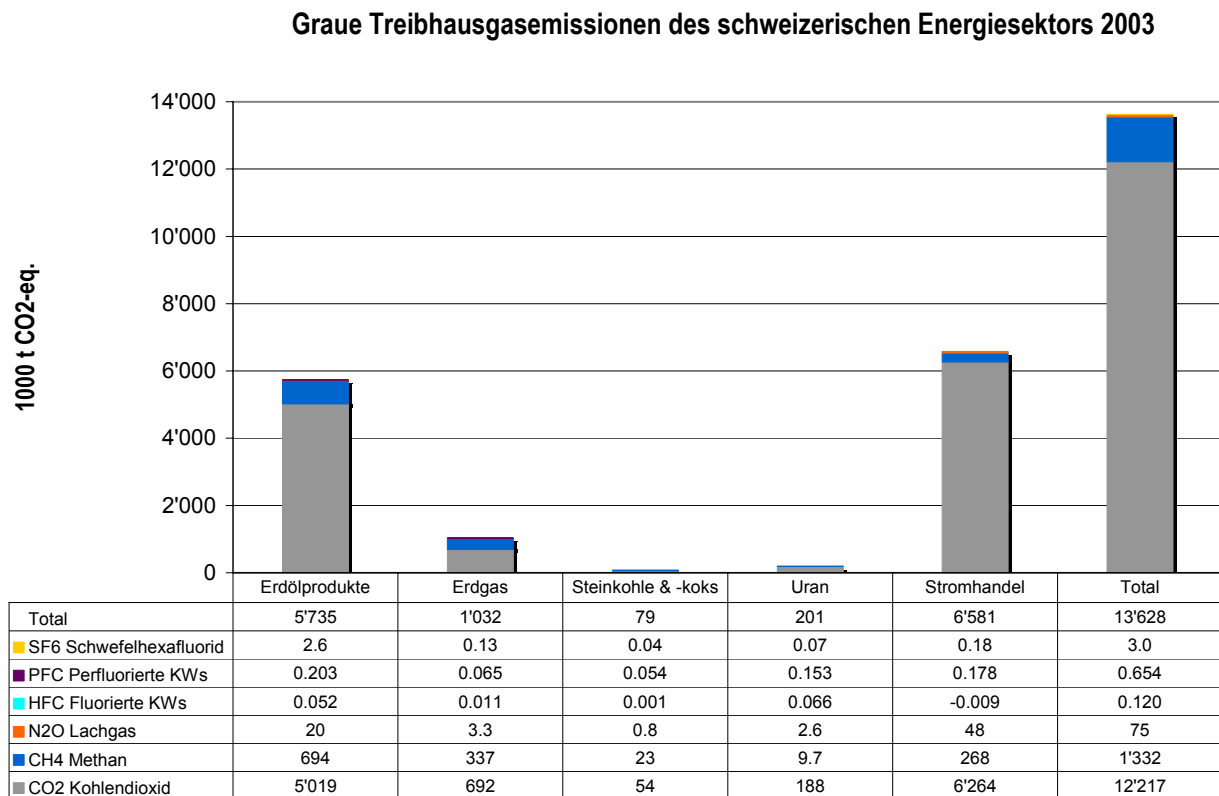
Quelle: Berechnungen ESU services.

#### 3.4.3.3 Graue Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors der Schweiz

Der Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen beträgt im Jahr 2003 rund 13.6 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq (siehe Abb. 6) und liegt damit um rund 1.2 bzw. 0.7 Mio. Tonnen höher als der Saldo 1998 bzw. 2004. Die Erdölprodukte verursachen im Vergleich mit den übrigen Jahren (Abb. 4) eine eher unterdurchschnittliche Emissionsmenge grauer Treibhausgase. Dies liegt nicht an einem verminderten Verbrauch sondern an der Herkunft des Rohöls. Im Jahr 2003 stammte Rohöl vermehrt aus Regionen, deren Produktion unterdurchschnittliche Emissionen verursacht (insbesondere Methan).

Währenddem bei den Erdölprodukten geringere graue Emissionen zu beobachten sind, ist beim Stromhandel das Gegenteil der Fall. Da im 2003 ein deutlich intensiverer Stromhandel betrieben (Importe: 42'532 GWh gegenüber 37'690 GWh im 2004) und der Mehrimport vor allem durch deutschen Strom mit hoher CO<sub>2</sub>-Intensität gedeckt wurde, resultiert eine überdurchschnittliche CO<sub>2</sub>-Intensität für den Schweizer Strommix (Abb. 6). Der gleiche Grund verursacht auch den überdurchschnittlichen Wert in der Kategorie *Energieumwandlung* in Abb. 7.

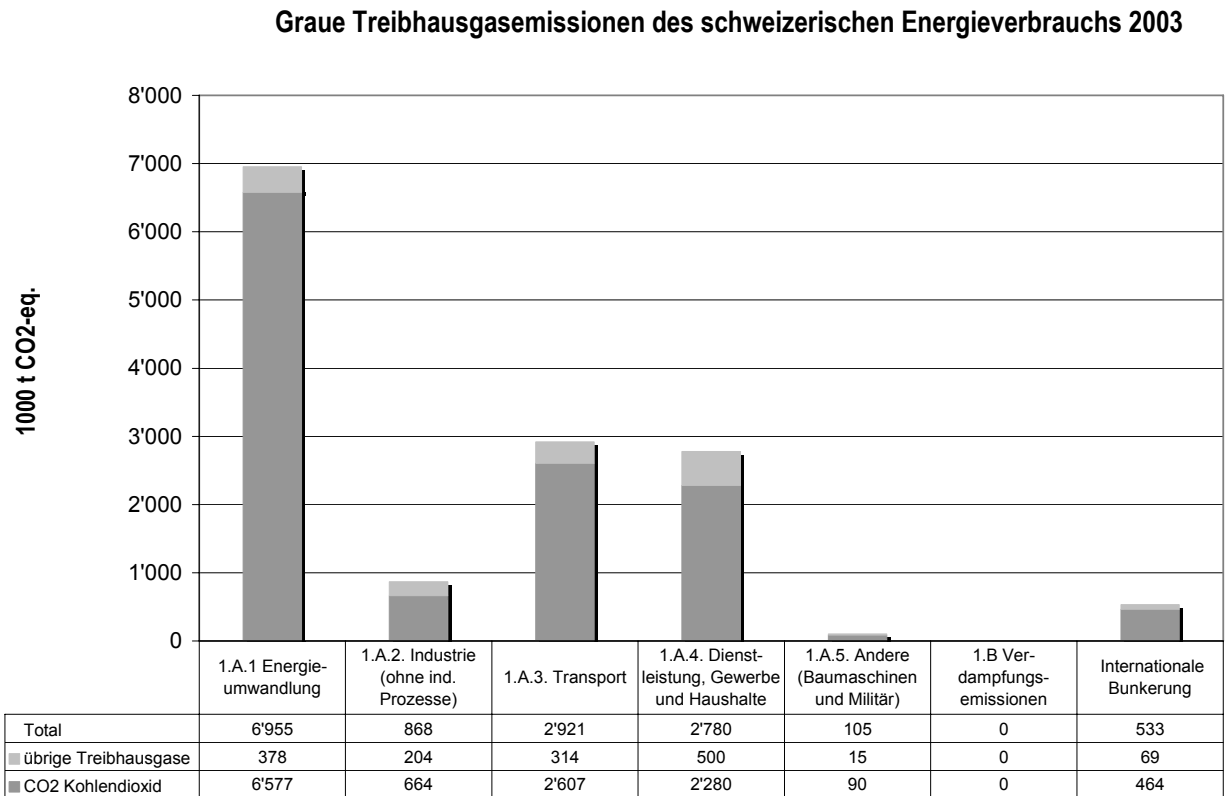
Abb. 6 > Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Energiesektors nach Energieprodukten für das Jahr 2003.



Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.



Abb. 7 &gt; Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Energiesektors nach Sektoren für das Jahr 2003.



Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

#### 3.4.4 Entwicklung der letzten 15 Jahre: Trend oder zufällige Schwankungen?

Die grauen Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors zeigen über die letzten 15 Jahre eine deutliche Zunahme, insbesondere während der Periode 1990 bis 1998. Die Quantifizierung der grauen Treibhausgas-Emissionen der Energieträgerbereitstellung basiert für alle vier Zeitpunkte (1990, 1998, 2003 und 2004) auf denselben Grundlagendaten. Berücksichtigt man für 1990 die grauen Treibhausgas-Emissionen gemäss den früheren Ökobilanzdaten (Ökoinventare von Energiesystemen, 1996), so zeigt sich, dass die grauen Treibhausgas-Emissionen zwischen 1990 und 1998 trotz zunehmendem Energiebedarf und zunehmendem Stromhandel praktisch konstant geblieben sind. Dies ist auf eine signifikante Reduktion der Treibhausgas-Emissionen bei der Gewinnung von Rohöl zurückzuführen. Zudem werden in der Raffinerie die Energieaufwendungen den Produkten leicht anders zugewiesen, was insbesondere beim Benzin zu tieferen Emissionsfaktoren führt. Ferner konnten im benachbarten Ausland die spezifischen Treibhausgas-Emissionen der Stromproduktion reduziert werden, was in einer niedrigeren Belastung des Importstroms resultiert.

Die generelle Zunahme des grenzüberschreitenden Handelsvolumens mit Elektrizität wird überlagert von jährlichen und zufälligen Schwankungen der hydrologischen Bedingungen. Jahre mit deutlich überdurchschnittlicher Produktion der schweizerischen Wasserkraftwerke (2001) weisen auch überdurchschnittliche Strom-Handelsvolumina auf. Diese Schwankungen wirken sich auf die Höhe der grauen Treibhausgas-Emissionen des Stromhandels aus.

Auch bei der Bereitstellung von Erdölprodukten sind jährlich starke Schwankungen bezüglich der Förderländer und -regionen zu beobachten. Da sich die Förderregionen in der Höhe der mit der Förderung verbundenen Treibhausgas-Emissionen stark unterscheiden (Stichwort Abblas- und Fackelverluste), resultieren auch hier jährlich zum Teil markante Unterschiede in der Höhe der insgesamt mit Erdölprodukten importierten grauen Treibhausgas-Emissionen. Diese Variation kann, wie das Beispiel des Jahres 2003 zeigt, Veränderungen im Bereich Stromhandel zumindest teilweise kompensieren.

Unter Berücksichtigung der oben gemachten Ausführungen kann die Menge der im Energiesektor importierten grauen Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors über die letzten 15 Jahre als leicht steigend betrachtet werden. Eine jährliche Variation im Bereich von plus/minus 0.5 bis 1.0 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. ist aber aufgrund einer variablen Beschaffungssituation und einem variablen Strom-Handelsvolumen durchaus möglich.

### 3.5 Erdölprodukte

#### 3.5.1 Absatz und Export von Erdölprodukten

Insgesamt wurden in den Jahren 1990, 1998 und 2004 463'928 TJ, 475'666 TJ und 463'212 TJ an Erdölprodukten in der Schweiz abgesetzt (Tab. 3). Exportiert wurden jeweils 3'786 TJ, 15'290 TJ und 12'403 TJ.

**Tab. 3 > Absatz von Erdölprodukten (inkl. Raffinerieeigenbedarf) in der Schweiz für die Jahre 1990, 1998 und 2004.**

1.A. Energie TJ	Benzin Bleifrei			Diesel			Kerosin <sup>a)</sup>			Heizöl Extra-Leicht		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
Absatz Schweiz	157'570	163'906	157'792	47'808	49'509	67'110	4'088	3'241	2'645	227'914	233'825	219'011
Export	6	-	25	351	205	142	-	-	1	101	45	116

1.A. Energie TJ	Heizöl Schwer			Propan/Butan			Raffineriegas		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
Absatz Schweiz	22'169	15'957	7'296	7	106	147	4'372	9'122	9'211
Export	2'442	12'025	10'930	886	3'014	1'188	-	-	-

a) Absatz für nationalen Flugverkehr. Internationaler Bunker: 43'752 TJ (1990), 57'792 TJ (1998), 47'506 TJ (2004), (EV 1991; 1999; 2005).

In der Rubrik 1.B. werden die in der Schweiz verursachten und stattfindenden Verdampfungsemissionen verbucht. Hierfür sind selbstredend keine grauen Treibhausgas-Emissionen zu verzeichnen.

Der Absatz von Kerosin für den internationalen Flugverkehr fällt unter die Rubrik 1.C. «Internationale Bunkerung». Gemäss schweizerischer Erdöl-Vereinigung waren dies 43'752 TJ im Jahre 1990, 57'792 TJ im Jahre 1998 und 47'506 TJ im Jahr 2004 (EV 1991; 1999; 2005).

#### 3.5.2 Graue Treibhausgas-Emissionen der Bereitstellung von Erdölprodukten

Der Anteil der in der Schweiz raffinierten Erdölprodukte ist unterschiedlich. Während die im Inland betriebenen Raffinerien den Bedarf an schwerem Heizöl zu (über) 100% zu decken vermögen, lag 2004 der Deckungsgrad bei den Treibstoffen zwischen 30.5% (Kerosin) und 39.1% (Dieselöl). Auch der Versorgungsgrad mit Heizöl Extra-Leicht lag bei tiefen 33.7%. Für die restlichen Anteile müssen somit die Aufwendungen in den ausländischen Raffinerien berücksichtigt werden. Für die exportierten Produkte hingegen können die in der Schweiz angefallenen Treibhausgas-Emissionen gutgeschrieben werden.

Die Bereitstellung der Erdölprodukte für den schweizerischen Markt führt zu den in Tab. 4 aufgelisteten Emissionsfaktoren. Die Veränderung der Emissionsfaktoren zwischen den Jahren kann einerseits auf die Veränderungen beim Produktionsanteil der

schweizerischen Raffinerien und andererseits auf die Verschiebungen in der Herkunft der Produkte und des Rohöls zurückgeführt werden. Insbesondere die Methanemissionen (bei der Rohölförderung) sind stark herkunftsabhängig und führen deshalb bei Änderungen in der Versorgungssituation zu deutlicheren Veränderungen als die übrigen Emissionen.

Die Unterschiede zwischen den Produkten sind vor allem auf die unterschiedlichen (energetischen) Aufwände in den Raffinerien hinsichtlich der Prozessführungen zurückzuführen. So benötigt das Herstellen von Benzin etwa doppelt soviel thermische Energie wie der Durchschnitt aller Erdölprodukte. Dies schlägt sich in überdurchschnittlich hohen Emissionsfaktoren für Benzin nieder (siehe Tab. 4).

**Tab. 4 > Graue Treibhausgas-Emissionsfaktoren der Erdölprodukte in kg/TJ für den Absatz in der Schweiz in den Jahren 1990, 1998 und 2004.**

Absatz Schweiz kg/TJ	Benzin Bleifrei			Diesel			Kerosin			Heizöl Extra-Leicht		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	13'914	14'006	14'442	9'854	10'201	10'537	9'346	9'815	10'427	9'633	10'005	10'566
CH <sub>4</sub> Methan	56.7	84.9	79.7	53.4	100.6	79.9	51.1	79.8	71.8	51.6	84.1	75.5
N <sub>2</sub> O Lachgas	0.177	0.150	0.183	0.163	0.129	0.169	0.145	0.132	0.172	0.151	0.134	0.173
HFC Fluorierte KWs	1.23E-04	1.07E-04	1.32E-04	8.97E-05	6.50E-05	9.34E-05	7.77E-05	6.97E-05	9.79E-05	8.13E-05	6.97E-05	9.70E-05
PFC Perfluorierte KWs	1.09E-04	9.98E-05	1.17E-04	7.09E-05	5.56E-05	7.45E-05	6.22E-05	5.73E-05	7.61E-05	6.52E-05	5.84E-05	7.67E-05
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	3.16E-04	2.70E-04	3.32E-04	2.66E-04	2.10E-04	2.85E-04	2.30E-04	2.11E-04	2.87E-04	2.44E-04	2.18E-04	2.92E-04
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>15'279</b>	<b>16'008</b>	<b>16'337</b>	<b>11'137</b>	<b>12'557</b>	<b>12'432</b>	<b>10'571</b>	<b>11'695</b>	<b>12'137</b>	<b>10'870</b>	<b>11'985</b>	<b>12'360</b>

Absatz Schweiz kg/TJ	Heizöl Schwer			Propan/Butan			Raffineriegas		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	6'518	10'877	9'907	8'573	11'585	11'134	6'884	10'301	9'541
CH <sub>4</sub> Methan	56.5	182.3	136.6	53.1	145.1	107.2	47.8	146.3	110.5
N <sub>2</sub> O Lachgas	0.095	0.112	0.127	0.109	0.115	0.139	0.078	0.092	0.104
HFC Fluorierte KWs	3.52E-05	4.63E-05	5.35E-05	4.94E-05	5.32E-05	6.81E-05	2.90E-05	3.76E-05	4.33E-05
PFC Perfluorierte KWs	4.09E-05	4.67E-05	5.31E-05	5.59E-05	5.74E-05	6.84E-05	3.37E-05	3.82E-05	4.32E-05
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.50E-04	1.90E-04	2.19E-04	1.96E-04	2.14E-04	2.59E-04	1.24E-04	1.55E-04	1.78E-04
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>7'850</b>	<b>15'107</b>	<b>13'092</b>	<b>9'830</b>	<b>14'962</b>	<b>13'647</b>	<b>8'009</b>	<b>13'697</b>	<b>12'118</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH

Die grauen Treibhausgas-Emissionen von in der Schweiz raffinierten, aber für den Export bestimmten Erdölprodukten (Tab. 5) sind im Vergleich zu den Emissionen der Erdölprodukte für den Inlandverbrauch deutlich tiefer. Hier werden lediglich die direkten Emissionen der Raffinerien in Collombey und Cressier berücksichtigt, nicht aber die Bereitstellung des (importierten) Rohöls. Die Emissionen sind für alle drei Zeitpunkte identisch, da die gleichen Ökobilanzdaten auf alle Zeitpunkte angewendet werden und die Bereitstellungsemissionen des zu verarbeitenden Rohöls nicht enthalten sind.

**Tab. 5 > Graue Treibhausgas-Emissionsfaktoren der Erdölprodukte in kg/TJ für den Export in den Jahren 1990, 1998 und 2004.**

Export kg/TJ	Benzin Bleifrei			Diesel			Kerosin			Heizöl Extra-Leicht		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	4'889	4'889	4'889	2'680	2'680	2'680	2'697	2'697	2'697	2'705	2'705	2'705
CH <sub>4</sub> Methan	9.6	9.6	9.6	5.2	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
N <sub>2</sub> O Lachgas	0.014	0.014	0.014	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
HFC Fluorierte KWs	4.14E-06	4.14E-06	4.14E-06	2.15E-06	2.15E-06	2.15E-06	2.20E-06	2.20E-06	2.20E-06	2.22E-06	2.22E-06	2.22E-06
PFC Perfluorierte KWs	1.03E-05	1.03E-05	1.03E-05	4.43E-06	4.43E-06	4.43E-06	4.85E-06	4.85E-06	4.85E-06	4.99E-06	4.99E-06	4.99E-06
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	4.41E-05	4.41E-05	4.41E-05	1.89E-05	1.89E-05	1.89E-05	2.07E-05	2.07E-05	2.07E-05	2.13E-05	2.13E-05	2.13E-05
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>5'114</b>	<b>5'114</b>	<b>5'114</b>	<b>2'803</b>	<b>2'803</b>	<b>2'803</b>	<b>2'821</b>	<b>2'821</b>	<b>2'821</b>	<b>2'829</b>	<b>2'829</b>	<b>2'829</b>

Export kg/TJ	Heizöl Schwer			Propan/Butan			Raffineriegas <sup>a)</sup>		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	2'705	2'705	2'705	3'766	3'766	3'766	-	-	-
CH <sub>4</sub> Methan	5.3	5.3	5.3	7.4	7.4	7.4	-	-	-
N <sub>2</sub> O Lachgas	0.007	0.007	0.007	0.011	0.011	0.011	-	-	-
HFC Fluorierte KWs	2.22E-06	2.22E-06	2.22E-06	3.22E-06	3.22E-06	3.22E-06	-	-	-
PFC Perfluorierte KWs	4.99E-06	4.99E-06	4.99E-06	8.17E-06	8.17E-06	8.17E-06	-	-	-
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	2.13E-05	2.13E-05	2.13E-05	3.52E-05	3.52E-05	3.52E-05	-	-	-
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>2'829</b>	<b>2'829</b>	<b>2'829</b>	<b>3'939</b>	<b>3'939</b>	<b>3'939</b>	-	-	-

a) kein Export und deshalb auch kein Emissionsfaktor

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH

### 3.5.3 Graue Treibhausgas-Emissionen des Erdölprodukte-Absatzes und -Exports

Die grauen, durch Produktion der Erdölprodukte im Ausland verursachten Treibhausgas-Emissionen werden auf Grund der abgesetzten Mengen durch die Bereitstellung von Benzin und Heizöl EL geprägt (Tab. 6). Obwohl die spezifischen Emissionen der Bereitstellung von Benzin und Heizöl EL seit 1990 stetig angestiegen sind, haben die grauen Treibhausgas-Emissionen 2004 wieder leicht abgenommen. Dies wegen geringerer Absatzmenge bei diesen Produkten im Jahr 2004 im Vergleich zu 1998.

**Tab. 6 > Graue Treibhausgas-Emissionen für den Absatz in der Schweiz (in 1000 t).**

Absatz Schweiz 1000 t	Benzin Bleifrei			Diesel			Kerosin			Heizöl Extra-Leicht		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	2'192	2'296	2'279	471	505	707	38	32	28	2'196	2'340	2'314
CH <sub>4</sub> Methan	8.94	13.91	12.57	2.55	4.98	5.36	0.21	0.26	0.19	11.76	19.67	16.53
N <sub>2</sub> O Lachgas	2.78E-02	2.46E-02	2.89E-02	7.80E-03	6.38E-03	1.13E-02	5.94E-04	4.29E-04	4.55E-04	3.45E-02	3.13E-02	3.78E-02
HFC Fluorierte KWs	1.93E-05	1.75E-05	2.08E-05	4.29E-06	3.22E-06	6.27E-06	3.18E-07	2.26E-07	2.59E-07	1.85E-05	1.63E-05	2.12E-05
PFC Perfluorierte KWs	1.72E-05	1.64E-05	1.84E-05	3.39E-06	2.75E-06	5.00E-06	2.54E-07	1.86E-07	2.01E-07	1.49E-05	1.37E-05	1.68E-05
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	4.97E-05	4.42E-05	5.24E-05	1.27E-05	1.04E-05	1.91E-05	9.41E-07	6.85E-07	7.59E-07	5.56E-05	5.09E-05	6.38E-05
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>2'407</b>	<b>2'624</b>	<b>2'578</b>	<b>532</b>	<b>622</b>	<b>834</b>	<b>43</b>	<b>38</b>	<b>32</b>	<b>2'478</b>	<b>2'803</b>	<b>2'707</b>

Absatz Schweiz 1000 t	Heizöl Schwer			Propan/Butan			Raffineriegas		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	144	174	72	0.06	1.23	1.63	30	94	88
CH <sub>4</sub> Methan	1.25	2.91	1.00	0.0004	0.015	0.016	0.21	1.33	1.02
N <sub>2</sub> O Lachgas	2.10E-03	1.78E-03	9.25E-04	7.64E-07	1.22E-05	2.03E-05	3.43E-04	8.38E-04	9.54E-04
HFC Fluorierte KWs	7.81E-07	7.38E-07	3.91E-07	3.46E-10	5.64E-09	9.98E-09	1.27E-07	3.43E-07	3.99E-07
PFC Perfluorierte KWs	9.07E-07	7.46E-07	3.87E-07	3.91E-10	6.09E-09	1.00E-08	1.47E-07	3.49E-07	3.98E-07
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	3.33E-06	3.03E-06	1.60E-06	1.38E-09	2.27E-08	3.80E-08	5.40E-07	1.41E-06	1.64E-06
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>174</b>	<b>241</b>	<b>96</b>	<b>0.07</b>	<b>1.59</b>	<b>2.00</b>	<b>35</b>	<b>125</b>	<b>112</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH

Der Export von in der Schweiz hergestellten Erdölprodukten (Tab. 7) ist im Verhältnis zum Inlandabsatz bescheiden. Einzig Schweröl und Flüssiggase werden in relevanten Mengen exportiert. Insgesamt werden dadurch 9.95, 37.9 bzw. 28.6 tsd. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq (1990, 1998 und 2004) exportiert.

**Tab. 7 > Graue Treibhausgas-Emissionen in den exportierten Erdölprodukten (in 1000 t).**

Export 1000 t	Benzin Bleifrei			Diesel			Kerosin			Heizöl Extra-Leicht		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	0.027	-	0.121	0.947	0.553	0.383	-	-	0.004	0.273	0.123	0.314
CH <sub>4</sub> Methan	5.35E-05	-	2.36E-04	1.85E-03	1.08E-03	7.49E-04	-	-	7.47E-06	5.33E-04	2.40E-04	6.14E-04
N <sub>2</sub> O Lachgas	8.01E-08	-	3.53E-07	2.54E-06	1.48E-06	1.03E-06	-	-	9.83E-09	7.42E-07	3.34E-07	8.55E-07
HFC Fluorierte KWs	2.32E-11	-	1.02E-10	7.72E-10	4.51E-10	3.13E-10	-	-	3.06E-12	2.24E-10	1.01E-10	2.58E-10
PFC Perfluorierte KWs	5.75E-11	-	2.53E-10	1.70E-09	9.95E-10	6.89E-10	-	-	6.33E-12	5.03E-10	2.27E-10	5.79E-10
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	2.47E-10	-	1.09E-09	7.28E-09	4.25E-09	2.95E-09	-	-	2.70E-11	2.15E-09	9.70E-10	2.48E-09
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>0.03</b>	<b>-</b>	<b>0.13</b>	<b>0.99</b>	<b>0.58</b>	<b>0.40</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.00</b>	<b>0.29</b>	<b>0.13</b>	<b>0.33</b>

Export 1000 t	Heizöl Schwer			Propan/Butan			Raffineriegas <sup>a)</sup>		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	4.9	24.2	22.0	3.34	11.35	4.47	-	-	-
CH <sub>4</sub> Methan	9.62E-03	4.74E-02	4.30E-02	6.52E-03	2.22E-02	8.74E-03	-	-	-
N <sub>2</sub> O Lachgas	1.69E-05	8.31E-05	7.55E-05	9.94E-06	3.38E-05	1.33E-05	-	-	-
HFC Fluorierte KWs	4.49E-09	2.21E-08	2.01E-08	2.85E-09	9.69E-09	3.82E-09	-	-	-
PFC Perfluorierte KWs	1.35E-08	6.63E-08	6.03E-08	7.25E-09	2.46E-08	9.71E-09	-	-	-
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	5.84E-08	2.87E-07	2.61E-07	3.12E-08	1.06E-07	4.18E-08	-	-	-
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>5.1</b>	<b>25.4</b>	<b>23.0</b>	<b>3.49</b>	<b>11.87</b>	<b>4.68</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

<sup>a)</sup> kein Export und deshalb auch keine Emissionen

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH

Die Flüssiggase haben einen negativen Saldo zu verzeichnen (siehe Tab. 8), da jeweils mehr exportiert als im Inland abgesetzt wird. Beim Heizöl Schwer ist der Rückgang auf den geringeren Inlandabsatz zurückzuführen. Der Anstieg beim Diesel ist in dessen erhöhtem Absatz begründet, der wahrscheinlich teilweise mit dem Rückgang beim Benzinabsatz in Verbindung gebracht werden kann.

**Tab. 8 > Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen durch den Absatz und den Export von Erdölprodukten (in 1000 t).**

Saldo 1000 t	Benzin Bleifrei			Diesel			Kerosin			Heizöl Extra-Leicht		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	2'192	2'296	2'279	470	504	707	38	32	28	2'195	2'339	2'314
CH <sub>4</sub> Methan	8.94	13.91	12.57	2.55	4.98	5.36	0.21	0.26	0.19	11.76	19.67	16.53
N <sub>2</sub> O Lachgas	2.78E-02	2.46E-02	2.89E-02	7.79E-03	6.38E-03	1.13E-02	5.94E-04	4.29E-04	4.55E-04	3.45E-02	3.13E-02	3.78E-02
HFC Fluorierte KWs	1.93E-05	1.75E-05	2.08E-05	4.29E-06	3.22E-06	6.27E-06	3.18E-07	2.26E-07	2.59E-07	1.85E-05	1.63E-05	2.12E-05
PFC Perfluorierte KWs	1.72E-05	1.64E-05	1.84E-05	3.39E-06	2.75E-06	5.00E-06	2.54E-07	1.86E-07	2.01E-07	1.49E-05	1.37E-05	1.68E-05
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	4.97E-05	4.42E-05	5.24E-05	1.27E-05	1.04E-05	1.91E-05	9.41E-07	6.85E-07	7.59E-07	5.56E-05	5.09E-05	6.38E-05
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>2'407</b>	<b>2'624</b>	<b>2'578</b>	<b>531</b>	<b>621</b>	<b>834</b>	<b>43</b>	<b>38</b>	<b>32</b>	<b>2'477</b>	<b>2'802</b>	<b>2'707</b>

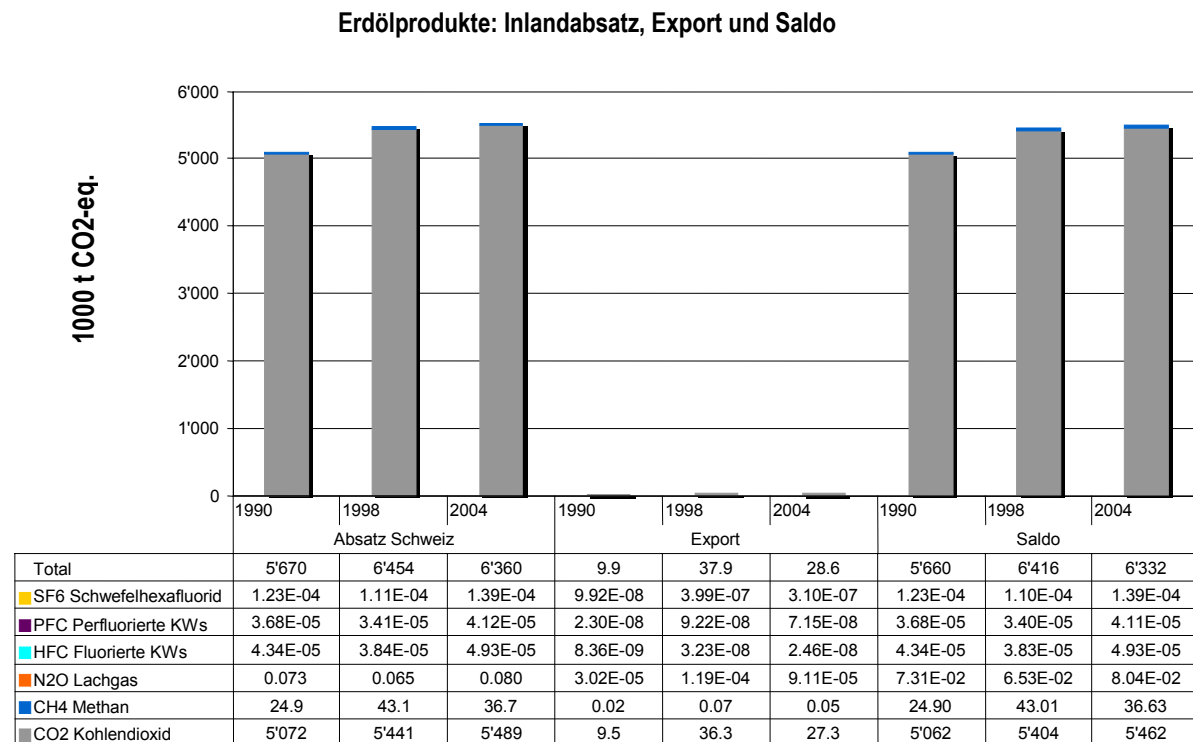
Saldo 1000 t	Heizöl Schwer			Propan/Butan			Raffineriegas		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	140	149	50	-3	-10	-3	21	58	61
CH <sub>4</sub> Methan	1.24	2.86	0.95	-0.01	-0.01	0.01	0.19	1.26	0.96
N <sub>2</sub> O Lachgas	2.08E-03	1.70E-03	8.49E-04	-9.18E-06	-2.16E-05	6.99E-06	3.12E-04	7.19E-04	8.63E-04
HFC Fluorierte KWs	7.77E-07	7.16E-07	3.70E-07	-2.50E-09	-4.05E-09	6.16E-09	1.18E-07	3.11E-07	3.74E-07
PFC Perfluorierte KWs	8.93E-07	6.79E-07	3.27E-07	-6.85E-09	-1.86E-08	3.03E-10	1.24E-07	2.57E-07	3.26E-07
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	3.27E-06	2.74E-06	1.34E-06	-2.98E-08	-8.34E-08	-3.84E-09	4.41E-07	1.01E-06	1.33E-06
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>169</b>	<b>216</b>	<b>72</b>	<b>-3</b>	<b>-10</b>	<b>-3</b>	<b>25</b>	<b>87</b>	<b>83</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH

Der Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen beträgt 5660 (1990), 6416 (1998) und 6332 tsd. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. (2004) und folgt somit dem Trend, den bereits der Absatz von Benzin und Heizöl EL vorgezeichnet hat (siehe Abb. 8). Die CO<sub>2</sub>- und die Methanemissionen haben zwischen 1990 und 1998 zugenommen. Zwischen 1998 und 2004 sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen praktisch konstant geblieben. Hingegen sind die Methanemissionen in der gleichen Zeit um rund 15% zurückgegangen, da vermehrt Rohöl aus Ländern mit tiefen Methanemissionsfaktoren stammte. Die übrigen Treibhausgas-Emissionen sind zwischen 1990 und 2004 tendenziell etwas angestiegen, zum Total tragen sie jedoch weiterhin weniger als 1% der CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei.



**Abb. 8 > Total des Absatzes, des Exports und des Saldos der grauen Treibhausgas-Emissionen in 1000 t CO<sub>2</sub>-eq für die Jahre 1990, 1998 und 2004.**



Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

Zusätzlich zu diesen Emissionen werden die grauen Treibhausgas-Emissionen des unter der Rubrik 1.C. «Internationale Bunkerung» verbuchten Kerosinabsatzes in Tab. 9 ausgewiesen. Die Veränderung der Emissionen ist vor allem die Folge der Variation des Absatzes. Die Emissionen betragen rund 8% (1990), 10% (1998) und 9% der gesamten grauen Treibhausgas-Emissionen des Erdölsektors.

**Tab. 9 > Graue Treibhausgas-Emissionen der Internationalen Bunkerung (in 1000 t).**

1.C. Internationale Bunkerung 1000 t	Kerosin		
	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	409	567	495
CH <sub>4</sub> Methan	2.24	4.61	3.41
N <sub>2</sub> O Lachgas	6.36E-03	7.65E-03	8.18E-03
HFC Fluorierte KWs	3.40E-06	4.03E-06	4.65E-06
PFC Perfluorierte KWs	2.72E-06	3.31E-06	3.62E-06
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.01E-05	1.22E-05	1.36E-05
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>462</b>	<b>676</b>	<b>577</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH

## 3.6 Erdgas

### 3.6.1 Herkunft und Absatz von Erdgas

Die Erdgas-Prozesskette umfasst die Aufwendungen und Emissionen von der Exploration bis und mit Abgabe ins schweizerische Hochdrucknetz. Die Emissionen der Kompressorstation des schweizerischen Hochdrucknetzes und die Leckagen der Verteilung in der Schweiz werden im nationalen Treibhausgas-Inventar bereits erfasst.

Das nachgefragte Erdgas gelangt mit Pipelines aus Holland, Norwegen und Russland via Deutschland, aus Algerien mit Pipelines und als LNG (Liquified Natural Gas) mit Flüssiggas-Tankschiffen via Italien und Frankreich in die Schweiz. Zum Teil bestehen direkte Verträge mit Förderländern. Ein Grossteil des Erdgases wird jedoch von der Ruhrgas in Deutschland bezogen, die nur etwa 20% des Erdgasaufkommens aus inländischer Förderung bezieht. Daraus ergeben sich indirekte Bezugsanteile aus Russland, Norwegen und den Niederlanden.

Die Tab. 10 stellt die Verteilung der Erdgasherkunft unter Berücksichtigung der indirekten Importe dar. Diese Herkunftsverteilung ist zwischen 1990 und 2004 relativ stabil geblieben. Einzig der Anteil der Niederlande ist auf Kosten von Norwegen in einem signifikanten Masse zurückgegangen. In der selben Zeit hat sich der Absatz an Erdgas annähernd verdoppelt.

**Tab. 10 > Herkunft und Menge des in der Schweiz in den Jahren 1990, 1998 und 2004 abgesetzten Erdgases.**

Erdgasimporte	1990		1998		2004	
	TJ	%	TJ	%	TJ	%
Algerien <sup>a)</sup>	2'839	4.2	4'417	4.5	4'303	3.8
Deutschland	7'301	10.8	9'352	9.5	10'250	9.1
Frankreich <sup>b)</sup>	852	1.3	0	0	0	0
Niederlande	27'907	41.3	32'999	33.6	36'187	32.2
Norwegen	6'267	9.3	15'243	15.5	19'991	17.8
Russland	21'458	31.7	34'141	34.8	36'548	32.5
Italien <sup>c)</sup>	0	0	483	0.5	1'210	1.1
Übrige <sup>d)</sup>	980	1.5	1'450	1.5	4'017	3.6
<b>Total</b>	<b>67'604</b>	<b>100</b>	<b>98'085</b>	<b>100</b>	<b>112'506</b>	<b>100</b>

<sup>a)</sup> Enthält einen Anteil Liquified Natural Gas (LNG): 2.4 %, 3.9 % bzw. 1.0 % (1990, 1998, 2004) von der gesamten in die Schweiz importierten Menge

<sup>b)</sup> Wird unter Deutschland verbucht.

<sup>c)</sup> Wird unter Niederlande verbucht.

<sup>d)</sup> Wird unter Norwegen verbucht (vorwiegend Gas aus Grossbritannien und Dänemark).

Quellen: BP Amoco 1999; 2005; Frischknecht et al. 1994; VSG 1999; 200

### 3.6.2 Graue Treibhausgas-Emissionen der Erdgasbereitstellung

Die Höhe der Treibhausgas-Emissionen ist abhängig vom erforderlichen Energieaufwand, der Energieeffizienz und von den Leckageraten der Erdgasgewinnung und des Ferntransports. Das russische und das mit Flüssiggastankern nach Frankreich und Italien transportierte algerische Erdgas weisen deshalb die höchsten CO<sub>2</sub>- und Methanemissionen auf.

Die Treibhausgas-Emissionen des Absatzmixes sind für das Jahr 1998 rund 10% höher als für 1990 und 2004. Dies ist die Folge des Rückgangs des niederländischen Gasanteils und dessen Ersatz durch Erdgas aus Norwegen und Russland (Tab. 10) welches doppelte bzw. zehn Mal höhere Emissionsfaktoren aufweist.

**Tab. 11 > Graue Treibhausgas-Emissionsfaktoren des in der Schweiz abgesetzten Erdgases für die Jahre 1990, 1998 und 2004.**

Emissionsfaktoren Erdgas kg/TJ	Absatzmix Schweiz		
	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	6'177	6'686	6'231
CH <sub>4</sub> Methan	131	143	134
N <sub>2</sub> O Lachgas	9.73E-02	1.04E-01	1.01E-01
HFC Fluorierte KWs	7.47E-05	7.77E-05	7.56E-05
PFC Perfluorierte KWs	9.97E-05	1.03E-04	1.04E-04
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	5.67E-05	5.92E-05	5.38E-05
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>9'224</b>	<b>10'003</b>	<b>9'336</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

### 3.6.3 Graue Treibhausgas-Emissionen des Erdgasabsatzes in der Schweiz

Die grauen Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Erdgasverbrauchs sind vor allem wegen der Absatzsteigerung angestiegen. Sie beliefen sich auf 624, 981 bzw. 1'050 tsd. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. für die Jahre 1990, 1998 und 2004.

**Tab. 12 > Graue Treibhausgas-Emissionen des Erdgasabsatzes in der Schweiz 1990, 1998 und 2004.**

Erdgasabsatz Schweiz 1000 t	Schweiz		
	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	418	656	701
CH <sub>4</sub> Methan	9	14	15
N <sub>2</sub> O Lachgas	6.58E-03	1.02E-02	1.13E-02
HFC Fluorierte KWs	5.05E-06	7.62E-06	8.50E-06
PFC Perfluorierte KWs	6.74E-06	1.01E-05	1.17E-05
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	3.83E-06	5.81E-06	6.05E-06
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>624</b>	<b>981</b>	<b>1'050</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH

### 3.7 Kohlenprodukte

#### 3.7.1 Herkunft und Absatz der Kohlenprodukte

Die Kohle hat in der Schweiz als Energieträger stark an Bedeutung verloren und wird nur noch in Spezialgebieten wie Zementwerken, Dampflokomotiven sowie Dampfschiffen verbraucht. In den letzten Jahren wurde ein beträchtlicher Anteil des Bedarfes durch den Abbau der Lagerbestände gedeckt, weshalb der Kohlenabsatz deutlich über dem Kohlenimportvolumen liegt. Für diese Studie werden trotzdem aus pragmatischen Gründen die Importländer der Kohlenimporte anteilmässig zur Bestimmung der Treibhausgas-Emissionen verwendet.

Die bedeutendsten Kohlelieferanten sind Südafrika, Australien (nur 1998) und Deutschland. Die übrigen Herkunftsländer waren und sind nur von geringer Bedeutung. Die Anteile der Herkunftsländer haben sich zwischen den Betrachtungsjahren jeweils deutlich verschoben. Im Jahr 2004 dominiert die Kohle aus Südafrika mit 92 % den schweizerischen Import.

**Tab. 13 > Herkunft und schweizerischer Absatz von Steinkohle in den Jahren 1990, 1998 und 2004.**

Steinkohle	1990		1998		2004	
	TJ	%	TJ	%	TJ	%
Australien	0	0 %	1'063	22 %	0	0 %
Belgien/Luxemburg	0	0 %	139	2.8 %	0	0 %
Deutschland	4'273	26 %	684	14 %	273	4.5 %
Frankreich	329	2.0 %	0	0 %	61.3	1.0 %
Russland & Osteuropa	0	0 %	14.1	0.3 %	110.8	1.8 %
Südafrika	11'503	70 %	3'014	61 %	5'542	92 %
USA	164	1.0 %	0	0 %	0	0 %
Übrige <sup>a)</sup>	164	1.0 %	7.5	0.2 %	29.9	0.5 %
<b>Total</b>	<b>15'965</b>	<b>100 %</b>	<b>4'607</b>	<b>100 %</b>	<b>5'797</b>	<b>100 %</b>

<sup>a)</sup> als Westeuropa verbucht

Quellen: Eidg. Oberzolldirektion 2004; Frischknecht et al. 1994

Rund 90 % des Steinkohlenkoks wird aus Italien und Deutschland importiert (1998). Es wird wie in der Vorgängerstudie angenommen, dass je die Hälfte der Steinkohle für die Kokereien aus Nordamerika und aus Südafrika stammt.

### 3.7.2 Graue Treibhausgas-Emissionen der Steinkohle- und Steinkohlenkoksbereitstellung

Die Herkunft der in der Schweiz nachgefragten Steinkohle spielt auf Grund unterschiedlicher Transportdistanzen und unterschiedlicher Methanemissionen bei der Förderung eine gewisse Rolle. Insbesondere die hohen Methanemissionen der russischen und westeuropäischen Kohle kompensieren deren vergleichsweise geringen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die resultierenden grauen Treibhausgas-Emissionen variieren für Steinkohle zwischen rund 10'500 kg/TJ (Nordamerika) und 15'000 kg/TJ (Westeuropa).

Die grauen Emissionsfaktoren für den Absatzmix in der Schweiz (Tab. 14) belaufen sich für 1990 und 1998 auf etwas über 13'000 kg CO<sub>2</sub>-eq./TJ Steinkohle, für 2004 wird dieser Wert leicht unterschritten. Der Rückgang ist vor allem auf den steigenden Anteil südafrikanischer Steinkohle mit einem unterdurchschnittlichen Emissionsfaktor zurückzuführen.

Die leicht höheren Faktoren beim Steinkohlenkoks (Tab. 14) gründen in den zusätzlichen Prozessschritten zur Transformierung der Steinkohle in Koks. Die grauen Emissionsfaktoren sind für alle drei Jahre identisch, da Steinkohlenherkunft sowie Kokereiemissionen als konstant angenommen wurden.

**Tab. 14 > Graue Treibhausgas-Emissionsfaktoren des Absatzmixes Schweiz von Steinkohle und Steinkohlenkoks für die Jahre 1990, 1998 und 2004.**

kg/TJ	Steinkohle			Steinkohlenkoks		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	7'631	8'881	8'894	11'397	11'397	11'397
CH <sub>4</sub> Methan	236	188	158	136	136	136
N <sub>2</sub> O Lachgas	3.81E-01	4.48E-01	4.62E-01	4.74E-01	4.74E-01	4.74E-01
HFC Fluorierte KWs	1.49E-04	1.51E-04	1.74E-04	2.25E-04	2.25E-04	2.25E-04
PFC Perfluorierte KWs	1.26E-03	1.42E-03	1.58E-03	1.87E-03	1.87E-03	1.87E-03
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	2.75E-04	3.07E-04	3.22E-04	4.32E-04	4.32E-04	4.32E-04
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>13'190</b>	<b>13'348</b>	<b>12'677</b>	<b>14'676</b>	<b>14'676</b>	<b>14'676</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

### 3.7.3 Graue Treibhausgas-Emissionen des Steinkohle- und Steinkohlenkoksabsatzes

Die Emissionen aus dem Steinkohle- und Steinkohlenkoksabsatz sind aufgrund des Absatzrückgangs seit 1990 deutlich zurückgegangen und belaufen sich mit total 77'000 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. auf etwa einen Drittel der Menge von 1990 (Tab. 15). Der Beitrag aus dem Steinkohlenkoks ist mit 3%–7% bescheiden.

**Tab. 15 > Graue Treibhausgas-Emissionen des Absatzes von Steinkohle und Steinkohlenkoks in der Schweiz für die Jahre 1990, 1998, 2004.**

1000 t	Steinkohle			Steinkohlenkoks			Total		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	122	41	52	5.3	3.6	2.5	127	45	54
CH <sub>4</sub> Methan	3.8	0.9	0.9	0.063	0.043	0.030	3.8	0.9	0.9
N <sub>2</sub> O Lachgas	6.08E-03	2.06E-03	2.68E-03	2.22E-04	1.49E-04	1.05E-04	6.30E-03	2.21E-03	2.78E-03
HFC Fluorierte KWs	2.38E-06	6.97E-07	1.01E-06	1.05E-07	7.08E-08	4.97E-08	2.48E-06	7.68E-07	1.06E-06
PFC Perfluorierte KWs	2.02E-05	6.54E-06	9.17E-06	8.75E-07	5.89E-07	4.13E-07	2.11E-05	7.13E-06	9.58E-06
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	4.40E-06	1.42E-06	1.87E-06	2.02E-07	1.36E-07	9.53E-08	4.60E-06	1.55E-06	1.96E-06
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>211</b>	<b>61</b>	<b>73</b>	<b>6.9</b>	<b>4.6</b>	<b>3.2</b>	<b>217</b>	<b>66</b>	<b>77</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

### 3.8 Uran zur Stromerzeugung

#### 3.8.1 Uranverbrauch schweizerischer KKWs

Die Urangewinnung, -konversion und -anreicherung wie auch die Brennelementfertigung findet im Ausland statt. Da Brennelemente gelagert werden können, sind die Importe nicht zwingend mit deren Verbrauch in den Kernkraftwerken verknüpft. Die Energiestatistik weist deshalb einen theoretischen Import an Kernbrennstoff aus, der etwa der thermischen Energieerzeugung im Kernkraftwerk entspricht (Tab. 16).

Auf Grund der Angaben der Kernkraftwerksbetreiber sind die Uranmengen (in kg pro GWh) bekannt, die zur Erzeugung von Elektrizität in Druck- resp. Siedewasserreaktoren benötigt werden. Aus diesen Angaben werden hier die vorgelagerten, grauen Treibhausgas-Emissionen mithilfe der Daten aus der ecoinvent Datenbank (ecoinvent Centre 2006) berechnet.

**Tab. 16 > Absatz von Kernbrennstoff für die schweizerischen Kernkraftwerke (Druckwasser- und Siedewasserreaktoren) in den Jahren 1990, 1998 und 2004.**

Uran	1990		1998		2004	
	TJ <sub>th</sub>	%	TJ <sub>th</sub>	%	TJ <sub>th</sub>	%
Druckwasserreaktoren	109'756	45 %	116'913	44 %	126'676	46 %
Siedewasserreaktoren	133'495	55 %	148'920	56 %	150'764	54 %
<b>Total</b>	<b>243'251</b>	<b>100 %</b>	<b>265'833</b>	<b>100 %</b>	<b>277'440</b>	<b>100 %</b>

Quellen: BFE 1991; 1999; 2005b

#### 3.8.2 Graue Treibhausgas-Emissionen der Uranbereitstellung

Die spezifischen Treibhausgas-Emissionen des in den Brennelementen angelieferten angereicherten Urans sind bei Siedewasserreaktoren etwa doppelt so hoch wie bei Druckwasserreaktoren (Tab. 17). Die Unterschiede stammen hauptsächlich aus dem Stromverbrauch der Anreicherungsanlagen und des dort verwendeten Strommixes. Bei den Brennelementen für die Druckwasserreaktoren kommt vor allem Kernenergie zum Einsatz, da die Diffusionsanlage in Tricastin (F) über ein eigenes Kernkraftwerk verfügt. Hingegen stammen die Siedewasserreaktor-Brennelemente vor allem aus Paducah (USA) wo der benötigte Strom mit einem Steinkohlekraftwerk hergestellt wird (Dones 2003).

Nichtsdestotrotz sind die spezifischen Treibhausgas-Emissionen der Kernbrennstoff-Bereitstellung insgesamt deutlich tiefer als diejenigen für die Bereitstellung fossiler Energieträger, welche in der Grössenordnung von 10'000 kg/TJ liegen.

Tab. 17 &gt; Graue Emissionsfaktoren für Uran für die Jahre 1990, 1998 und 2004.

kg/TJ <sub>th</sub>	Druckwasserreaktoren (Beznau I&II, Gösgen)	Siedewasserreaktoren (Mühleberg, Leibstadt)
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	421	920
CH <sub>4</sub> Methan	0.5	2.5
N <sub>2</sub> O Lachgas	3.03E-02	3.27E-02
HFC Fluorierte KWs	1.69E-04	1.89E-04
PFC Perfluorierte KWs	9.52E-05	9.54E-05
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.09E-05	1.19E-05
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>444</b>	<b>988</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

### 3.8.3 Graue Treibhausgas-Emissionen des Uranabsatzes

Die Emissionen grauer Treibhausgase aus dem Uranabsatz hat seit 1990 als Folge der gestiegenen Stromproduktion zugenommen (Tab. 18). Rund drei Viertel der Emissionen stammt aus Uran welches in Siedewasserreaktoren verwendet wird, obwohl in der Schweiz mit beiden Reaktortypen je etwa gleich viel Elektrizität produziert wird.

Tab. 18 &gt; Graue Treibhausgas-Emissionen des Absatzes von Uran für die Elektrizitätserzeugung in der Schweiz für die Jahre 1990, 1998, 2004.

1000 t	Druckwasserreaktoren (Beznau I&II, Gösgen)			Siedewasserreaktoren (Mühleberg, Leibstadt)			Total		
	1990	1998	2004	1990	1998	2004	1990	1998	2004
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	46	49	53	123	137	139	169	186	192
CH <sub>4</sub> Methan	0.06	0.06	0.07	0.33	0.37	0.38	0.39	0.43	0.44
N <sub>2</sub> O Lachgas	3.33E-03	3.54E-03	3.84E-03	4.37E-03	4.88E-03	4.94E-03	7.70E-03	8.42E-03	8.77E-03
HFC Fluorierte KWs	1.85E-05	1.97E-05	2.14E-05	2.52E-05	2.81E-05	2.84E-05	4.37E-05	4.78E-05	4.98E-05
PFC Perfluorierte KWs	1.05E-05	1.11E-05	1.21E-05	1.27E-05	1.42E-05	1.44E-05	2.32E-05	2.53E-05	2.64E-05
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.19E-06	1.27E-06	1.38E-06	1.59E-06	1.77E-06	1.79E-06	2.78E-06	3.04E-06	3.17E-06
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>49</b>	<b>52</b>	<b>56</b>	<b>132</b>	<b>147</b>	<b>149</b>	<b>181</b>	<b>199</b>	<b>205</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.



### 3.9 Erneuerbare Energien

Das Herleiten von Emissionsfaktoren für die inländische Stromproduktion aus erneuerbaren Energieträgern wie Wasserkraft, Photovoltaik und Windenergie wird hier ausklammert. Beim Stromhandel (Unterkap. 3.10 *Stromhandel*) und in der Gesamtbilanz (Kap. 7 *Ergebnisse Gesamtbilanz Schweiz*) werden sie jedoch mitberücksichtigt.

#### 3.9.1 Holz

Der Anteil ausländischen Holzes am Brennholzaufkommen in der Schweiz ist sehr gering. 1989 lag der Anteil bei ca. 1%. Das Holz stammte dabei vorwiegend aus Wäldern Frankreichs und Deutschlands. Trotzdem wird hier angenommen, dass sämtliche mit der Brennholzbereitstellung zusammenhängenden Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz stattfinden und damit bereits als weisse Emissionen im Treibhausgas-Inventar unter der Rubrik 1.A.4.c «Land- und Forstwirtschaft» erfasst sind.

#### 3.9.2 Photovoltaik und Windkraft

Der Beitrag zur Stromerzeugung durch Photovoltaik und Windkraft ist noch zu gering, um bei den hier interessierenden, grauen Treibhausgas-Emissionen spürbare Beiträge beizusteuern. Die Anteile von Photovoltaik und Windkraft an den Treibhausgas-Emissionen aus dem schweizerischen Absatzmix (Produktion + Import – Export) sind mit 0.025% bzw. 0.4% (ca. 4000 Tonnen) auch im Jahr 2004 noch sehr gering.

#### 3.9.3 Wasserkraft

Für die Wasserkraft kann angenommen werden, dass die Treibhausgas-Emissionen zur Erstellung der Anlagen zum überwiegenden Anteil im Inland anfallen (resp. im Falle der Stauanlagen in früheren Jahren angefallen sind) und diese Art der Stromerzeugung deshalb praktisch frei von grauen Emissionen ist.

#### 3.9.4 Abfälle

In der Rubrik 1.A. «Energie (Verbrennung)» ist die Energie aus der Abfallverbrennung verbucht. Das primäre Ziel dieser «Brennstoffe» war die Verwendung als Gebrauchsprodukte. Daher sind die ausländischen, vorgelagerten Treibhausemissionen bereits über die Warenimporte (Kap. 5 *Graue Treibhausgas-Emissionen: Waren*) abgedeckt. Auf eine zusätzliche Berücksichtigung im Rahmen der Bilanzierung des Energiesektors kann deshalb verzichtet werden.

### 3.10 Stromhandel

#### 3.10.1 Übersicht

Die schweizerischen Überlandwerke führen einen regen Handel mit Elektrizitätswerken im europäischen Ausland. Neben der Strombeschaffung im Inland stehen Importe aus Frankreich und Deutschland im Vordergrund. Das Absatzgebiet umfasst neben der Schweiz insbesondere die europäischen Nachbarstaaten Italien, Deutschland und Österreich.

Zur Berücksichtigung des Stromhandels existieren verschiedene Modelle (Tab. 19 und Abb. 9). Es wird wie bereits in der Vorgängerstudie mit dem Modell M2 für den Stromhandel gearbeitet.<sup>7</sup> Der Strommix gemäss *Modell M2* umfasst neben der gesamten Inlandproduktion auch die gesamten Importe. Damit wird kein Unterschied gemacht zwischen exportiertem und im Inland abgesetztem Strom. Sind keine detaillierten Informationen über die Art und Weise des Stromhandels verfügbar, bietet dieses Modell eine ausgewogene und plausible Annäherung an die vertraglichen Verhältnisse.

Im Zuge der Liberalisierung und der steigenden Beliebtheit von Ökostrom wird es vermehrt spezifische Stromprodukte geben mit fix definierten Produktionsanteilen (reine Wasserkraft, reiner Solarstrom). Dadurch wird sich der Strommix der Durchschnittsprodukte graduell verändern. Diese Veränderung der Marktsituation ändert aber nichts an der grundsätzlichen Eignung des Strommodells M2. Für Kunden ohne Strommix-Präferenzen wird weiterhin die Eigenproduktion plus der Import massgebend sein, wenn auch in einer langsam sich ändernden Zusammensetzung.

**Tab. 19 > Strommodelle in Ökobilanzen; in Ménard 1996 diskutierte Varianten.**

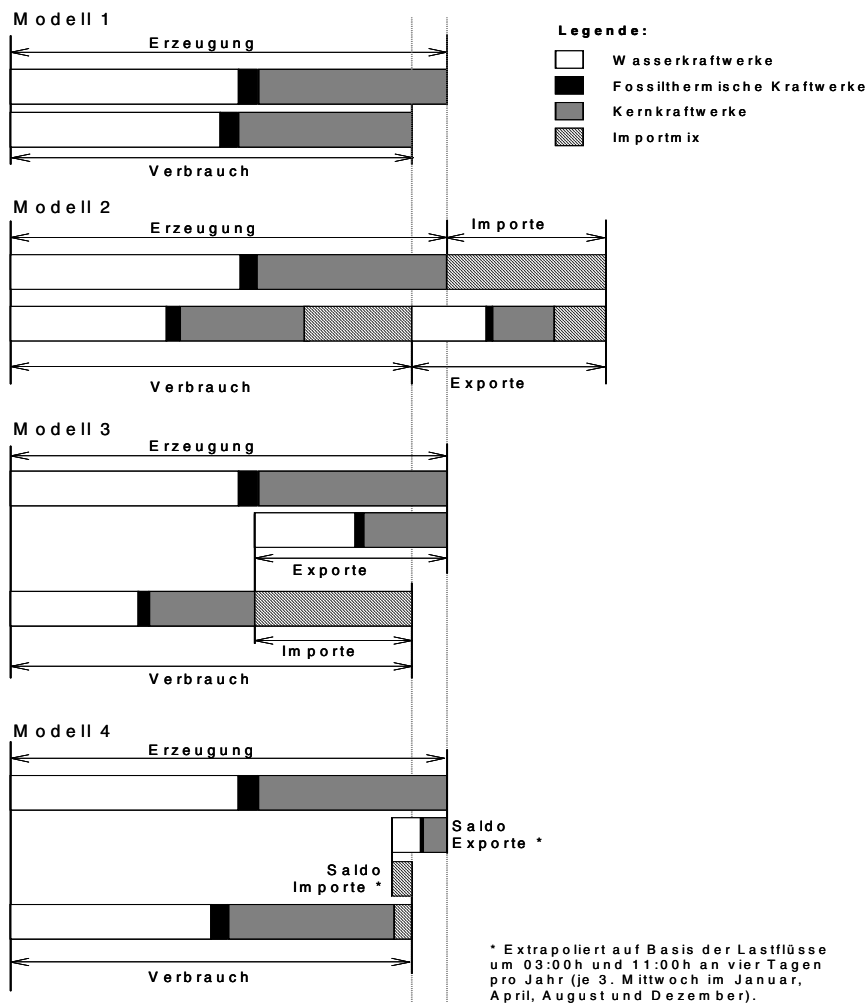
	Modell	ausgewiesen in
M1	Inlanderzeugung = Verbrauchermix	Frischknecht et al. 1996
M2	Inlanderzeugung + Importe = Verbrauchermix	diese Studie, Tecova 1992
M3	Inlanderzeugung – Exporte + Importe = Verbrauchermix	Frischknecht et al. 1996, Habersatter 1996, Tecova 1992
M4	Inlanderzeugung + Import/Export Saldo = Verbrauchermix	Empfehlung Ménard 1998, U. Kaufmann et al. 1999:45

Quelle: Frischknecht & Jungbluth 2000.

<sup>7</sup> Eine ausführliche Evaluierung der Modelle und Begründung zur Wahl dieses Modells kann in der Vorgängerstudie (Frischknecht & Jungbluth 2000) nachgeschlagen werden.

**Abb. 9 > Strommodelle in Ökobilanzen.**

Für die Berücksichtigung des Stromhandels existieren verschiedene Modelle, die zu unterschiedlichen Resultaten führen. Für die vorliegende Studie wird das Modell 2 verwendet, welches die Verhältnisse der Schweiz mit ihrem intensiven Stromhandel am plausibelsten widerspiegelt.



Quelle: Graphiken in Anlehnung an Ménard et al. 1998.

Die Aufwendungen und Emissionen der Stromproduktion mit Industrieabfällen, Kehricht, Klärgas, Biogas etc. wird der Abfall- resp. Abwasserbehandlung zugeschrieben. Diese Arten der Stromproduktion werden deshalb hier als emissionsfrei angenommen (siehe auch Abschnitt 3.9.4 *Abfälle*). Die übrigen erneuerbaren Energien werden für diese Studie erst ab 1998 im Stromhandel mitberücksichtigt. In Abschnitt 3.10.5 *Auswirkungen des Schweizer Stromexports auf die Treibhausgasbilanz der Nachbarländer* werden die Auswirkungen des Stromexports auf die Treibhausgas-Emissionen dieser Länder quantifiziert.

## 3.10.2 Stromproduktion in der Schweiz

Die schweizerische Stromproduktion hat insbesondere durch die Produktionserhöhung in den Bereichen Kernkraft und Wasserkraft zugenommen. Trotzdem hat der Anteil dieser Bereiche von 98 % (1990) auf 95 % (2004) leicht abgenommen.<sup>8</sup> Die Differenz wurde vor allem mit fossilthermischen Anlagen gedeckt. Der Anteil der neuen erneuerbaren Energieträger ist mit einem halben Promille an der schweizerischen Stromproduktion noch gering (siehe Tab. 20).

Tab. 20 &gt; Schweizerische Stromproduktion in den Jahren 1990, 1998 und 2004.

	1990		1998		2004	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Heizöl EL	67	0.1 %	130	0.2 %	111	0.2 %
Heizöl S	307	0.6 %	533	0.9 %	84	0.1 %
Erdgas	334	0.6 %	809	1.3 %	945	1.5 %
Andere Gase <sup>a)</sup>	1.0	0.0 %	10	0.0 %	14	0.0 %
Andere Brennstoffe <sup>b)</sup>	13	0.0 %	1'499	2.4 %	975	1.5 %
<b>Total fossilthermisch</b>	<b>722</b>	<b>1.3 %</b>	<b>2'981</b>	<b>4.8 %</b>	<b>2'128</b>	<b>3.4 %</b>
Gösgen	7'080	13 %	7'783	13 %	7'954	13 %
Beznau	5'157	10 %	5'868	10 %	5'866	9.2 %
Leibstadt	7'572	14 %	8'047	13 %	8'692	14 %
Mühleberg	2'489	4.6 %	2'670	4.3 %	2'920	4.6 %
<b>Total Kernkraft</b>	<b>22'298</b>	<b>42 %</b>	<b>24'368</b>	<b>40 %</b>	<b>25'432</b>	<b>40 %</b>
Umwälzwasserkraft	641	1.2 %	589	1.0 %	790	1.2 %
Laufwasserkraft	13'561	25 %	14'966	24 %	16'039	25 %
Speicherkraftwerke	16'473	31 %	18'740	30 %	19'078	30 %
<b>Total Wasserkraft</b>	<b>30'034</b>	<b>56 %</b>	<b>33'706</b>	<b>55 %</b>	<b>35'117</b>	<b>55 %</b>
Photovoltaik, netzgekoppelt	k.A.		7	0.01 %	17	0.03 %
Windkraft	k.A.		3	0.00 %	6	0.01 %
Geothermie	0		0	0 %	0	0 %
<b>Total neue erneuerbare</b>	<b>0</b>		<b>10</b>	<b>0.02 %</b>	<b>23</b>	<b>0.04 %</b>
<b>Total Produktion</b>	<b>53'695</b>	<b>100 %</b>	<b>61'654</b>	<b>100 %</b>	<b>63'490</b>	<b>100 %</b>

<sup>a)</sup> beinhaltet Strom aus Raffinerie-, Hochofen-, Koksofengas, Orimulsion

<sup>b)</sup> beinhaltet Strom aus Kehrichtverbrennungs- und Biogasanlagen (Gas aus Deponien, Klärschlamm, Jauche, Pflanzen und agroindustriellen Abfällen)

Quellen: BFE 1991; 1999; 2005b; Urs Kaufmann & Gutzwiller 2005; U. Kaufmann 2005.

<sup>8</sup> Ohne Berücksichtigung der Produktion aus Umwälzbetrieb in Speicherkraftwerken.

Wie aus Tab. 21 hervorgeht, ist die Schweiz sehr stark vom Stromhandel beeinflusst. Je nach Jahr werden zwischen rund 45 % und 70 % der schweizerischen Stromproduktion exportiert und ähnlich viel Strom importiert. Der importierte Strom stammt hauptsächlich aus Frankreich und Deutschland (Tab. 22).

**Tab. 21 > Stromimport und -export der Schweiz in den Jahren 1990, 1998 und 2004.**

	1990			1998			2004		
	GWh	TJ	%	GWh	TJ	%	GWh	TJ	%
Landesproduktion (Brutto)	53'695	193'302	100 %	61'654	221'953	100 %	63'490	228'564	100 %
Stromimport	22'799	82'076	42 %	37'419	134'708	61 %	37'690	135'684	59 %
Stromexport	24'907	89'665	46 %	43'373	156'143	70 %	38'393	138'215	60 %
Saldo Stromhandel	-2'108	-7'589	-3.9 %	-5'954	-21'434	-10 %	-703	-2'531	-1.1 %
Landesverbrauch (Brutto)	51'587	185'713	96 %	55'700	200'519	90 %	62'787	226'034	99 %

Quellen: BFE 1991; 1999; 2005b

### 3.10.3 Emissionsfaktoren der schweizerischen Stromproduktion und des Verbrauchsmixes

Die Treibhausgas-Emissionen (direkte und graue) der Inlandproduktion von Elektrizität in der Schweiz, in Frankreich, Deutschland, Italien, Österreich und im gesamten westeuropäischen Verbundnetz sind stark von den jeweiligen Anteilen fossiler Kraftwerke abhängig.

Die Treibhausgas-Emissionen der Stromproduktion werden je Land gemäss dessen Kraftwerkspark ermittelt. Die Grundlagendaten dazu stammen aus der ecoinvent Datenbank (ecoinvent Centre 2006). Die Emissionsfaktoren für die Schweiz sind in Tab. 22 zusammengestellt, für die übrigen europäischen Länder in Anhang A3.

Die schweizerische Stromproduktion verursacht wegen dem sehr geringen Anteil fossiler Energieträger pro kWh 15 mal weniger Treibhausgas-Emissionen als importierter Strom (Tab. 22). Wegen des regen Stromhandels (siehe Tab. 21) resultiert für den schweizerischen Stromverbrauchsmix (Eigenproduktion + Import) ein Emissionsfaktor, der rund 5 mal höher ist als derjenige der Eigenproduktion bzw. etwa einen Drittel des importierten Stroms beträgt.

Die Schweiz exportiert insbesondere Wasserkraft zu den Spitzenzeiten und bezieht Bandenergie aus Kernkraftwerken und fossilthermischen Kraftwerken. Dies führt wie dargestellt einerseits zu einem höheren Emissionsfaktor beim schweizerischen Verbrauchsmix, aber andererseits bei den importierenden Ländern zu einer Reduktion der spezifischen Treibhausgas-Emissionen jener Verbrauchsmixe als Folge des Imports von schweizerischem Strom mit verhältnismässig tiefen Treibhausgas-Emissionen. Auf diesen Effekt wird detaillierter in Abschnitt 3.10.5 *Auswirkungen des Schweizer Stromexports auf die Treibhausgasbilanz der Nachbarländer* eingegangen.

**Tab. 22 > Emissionsfaktoren der Schweizer Stromproduktion, des Importstroms und des resultierenden Verbrauchsmixes (bzw. Exportmixes).**

Die obere Hälfte der Tabelle zeigt die prozentualen Anteile der Stromherkunft, die zu den Emissionsfaktoren im unteren Teil der Tabelle führen. Der schweizerische Verbrauchsmix ist identisch mit dem exportierten Strommix (siehe Abschnitt 3.10.1).

	Schweiz 1990			Schweiz 1998			Schweiz 2004		
	Produktion	Import	Mix CH bzw. Export	Produktion	Import	Mix CH bzw. Export	Produktion	Import	Mix CH bzw. Export
<b>Landesanteile (%)</b>									
Schweiz	100 %	0 %	70.2 %	100 %	0 %	62.2 %	100 %	0 %	62.7 %
Frankreich	0 %	63.6 %	18.9 %	0 %	64.0 %	24.2 %	0 %	68.0 %	25.3 %
Deutschland	0 %	16.9 %	5.0 %	0 %	22.7 %	8.6 %	0 %	25.0 %	9.3 %
Italien	0 %	2.9 %	0.9 %	0 %	1.2 %	0.5 %	0 %	2.7 %	1.0 %
Österreich	0 %	2.0 %	0.6 %	0 %	2.4 %	0.9 %	0 %	4.3 %	1.6 %
Übrige <sup>a)</sup>	0 %	14.6 %	4.4 %	0 %	9.7 %	3.7 %	0 %	0.1 %	0.0 %
Total	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
<b>Emissionen (kg/TJ)</b>									
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	4'725	73'092	25'101	6'623	68'886	30'140	5'436	65'341	27'751
CH <sub>4</sub> Methan	13	144	52	20	135	63	21	132	62
N <sub>2</sub> O Lachgas	2.38E-01	2.07E+00	7.83E-01	3.21E-01	2.01E+00	9.59E-01	2.55E-01	1.78E+00	8.22E-01
HFC Fluorierte KWs	3.16E-04	2.98E-04	3.11E-04	3.07E-04	2.77E-04	2.96E-04	3.06E-04	2.44E-04	2.83E-04
PFC Perfluorierte KWs	2.30E-04	7.13E-04	3.74E-04	2.24E-04	6.40E-04	3.81E-04	2.35E-04	5.95E-04	3.69E-04
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	5.25E-05	1.81E-04	9.07E-05	5.65E-05	1.51E-04	9.22E-05	5.36E-05	1.41E-04	8.61E-05
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>5'088</b>	<b>77'024</b>	<b>26'529</b>	<b>7'174</b>	<b>72'592</b>	<b>31'882</b>	<b>5'986</b>	<b>68'917</b>	<b>29'428</b>

<sup>a)</sup> als UCTE Strommix verbucht

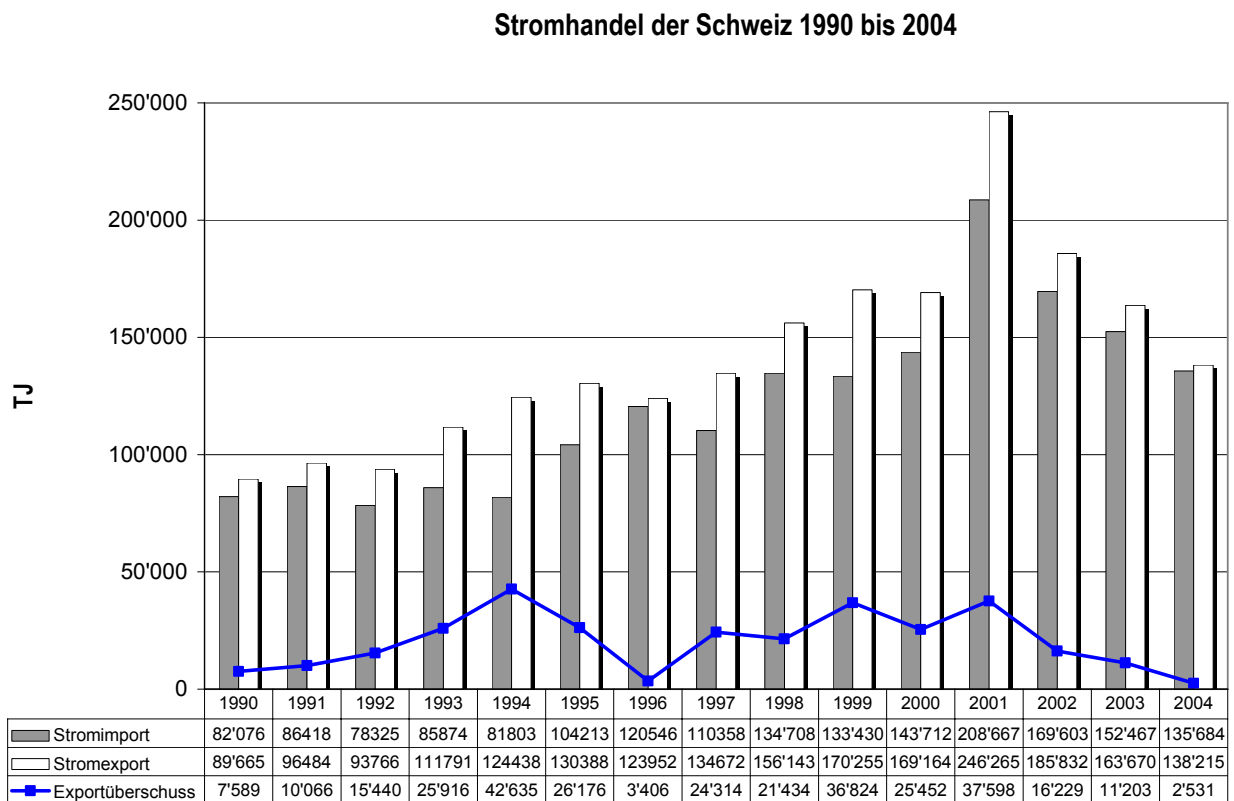
Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH, Importanteile gemäss Elektrizitätsstatistiken des BFE (BFE 1991; 1999; 2005b).

### 3.10.4 Graue Treibhausgas-Emissionen des Stromhandels

Der Saldo der Treibhausgas-Emissionen ist von 3.9 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq. (1990) auf 5.3 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq. (2004) gestiegen (Tab. 23). Dies ist einerseits auf die steigende Bedeutung des Stromhandels zurückzuführen und andererseits auf den geringen Strom-exportüberschuss im Jahr 2004 (Tab. 21 und Abb. 10). Letzterer ist vor allem auf eine unterdurchschnittliche Stromproduktion der Wasserkraft im 2004 zurückführbar. Dies hat auch den Effekt eines höheren Emissionsfaktors, da Wasserkraftanteile mit ihren geringen Treibhausgas-Emissionen wegfallen.

Im Jahr 2001 war die Situation mit Rekordwerten bei der Wasserkraft genau umgekehrt und führte zu einem überdurchschnittlichen Exportüberschuss. Der intensive Stromhandel im selben Jahr (Abb. 10) ist auch in der Zeitreihe der Gesamtbilanz (Abb. 13 und Abb. 14 in Kap. 5.7) als überdurchschnittlicher Beitrag wieder zu finden. Wegen dieser starken jährlichen Variabilität müssen die hier ausgewiesenen Emissionswerte des Stromhandels mit entsprechender Vorsicht interpretiert werden. Währenddem das Jahr 2004 aufgrund der unterdurchschnittlichen Wasserverfügbarkeit bezüglich Stromproduktion aussergewöhnlich war, können die Jahre 1990 und 1998 eher als durchschnittlich bezeichnet werden. Das Jahr 2003 verzeichnete eine leicht überdurchschnittliche Stromproduktion aus Wasserkraft.

**Abb. 10** > Stromimport und -export sowie der resultierende Exportüberschuss des schweizerischen Stromhandels für die Jahre 1990 bis 2004.



Quelle: BFE 2005b.

Da der importierte Strom eine deutlich höhere Treibhausgasbelastung aufweist als der exportierte (Tab. 22), resultiert für die Schweiz ein Nettoimport von Treibhausgasen, obwohl sie ein Stromexporteur ist (Tab. 21). Der Stromexportüberschuss ist zu gering um die Differenz in der Belastung kompensieren zu können. Einzig bei den HFCs, wo die Brennstoffbereitstellung der Kernkraftwerke eine wichtige Rolle spielt, ist die Schweiz ein Netto-Exporteur (Tab. 23).

**Tab. 23 > Graue Treibhausgas-Emissionen des Stromhandels für die Jahre 1990, 1998 und 2004.**

1000 t	Schweiz 1990			Schweiz 1998			Schweiz 2004		
	Import	Export	Saldo	Import	Export	Saldo	Import	Export	Saldo
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	5'999	2'251	3'748	9'280	4'706	4'574	8'866	3'836	5'030
CH <sub>4</sub> Methan	11.8	4.6	7.2	18.2	9.9	8.3	18.0	8.6	9.4
N <sub>2</sub> O Lachgas	0.17	0.07	0.10	0.27	0.15	0.12	0.24	0.11	0.13
HFC Fluorierte KWs	2.45E-05	2.79E-05	-3.42E-06	3.73E-05	4.62E-05	-8.91E-06	3.32E-05	3.92E-05	-5.99E-06
PFC Perfluorierte KWs	5.85E-05	3.35E-05	2.50E-05	8.62E-05	5.95E-05	2.68E-05	8.07E-05	5.10E-05	2.97E-05
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.48E-05	8.13E-06	6.70E-06	2.03E-05	1.44E-05	5.94E-06	1.91E-05	1.19E-05	7.21E-06
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>6'322</b>	<b>2'379</b>	<b>3'943</b>	<b>9'779</b>	<b>4'978</b>	<b>4'801</b>	<b>9'351</b>	<b>4'067</b>	<b>5'284</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

### 3.10.5 Auswirkungen des Schweizer Stromexports auf die Treibhausgasbilanz der Nachbarländer

Die Schweiz als Wasserschloss Europas nimmt im europäischen Stromverbund eine spezielle Stellung ein. Der grosse Anteil an flexibel einsetzbaren Speicherkraftwerken ermöglicht es den schweizerischen Elektrizitätsunternehmungen, die Stromproduktion auf den Bedarf und insbesondere die erzielbaren Preise auszurichten. So kann nachts billig Bandenergie aus dem Ausland importiert werden, während gleichzeitig die Produktion in Speicherkraftwerken zurückgefahren wird. Am Tag können dann die dadurch geschonten Wasserkraftwerke Spitzenenergie erzeugen, mit denen auf dem europäischen Markt hohe Erlöse erzielt werden können.

Saisonal betrachtet trifft der Stromexportüberschuss der Schweiz insbesondere auf die Sommermonate zu. Nettoimporteure sind primär Italien und Deutschland, wohingegen aus Frankreich deutlich mehr Strom importiert als exportiert wird (Tab. 24).

**Tab. 24 > Stromhandel der Schweiz mit den Nachbarländern für das Jahr 2004.**

GWh	Frankreich	Deutschland	Italien	Österreich	Übrige	Total
Import Schweiz aus	25'613	9'406	1'024	1'611	36	37'690
Export Schweiz nach	5'198	11'456	19'932	1'488	319	38'393
<b>Saldo</b>	<b>20'415</b>	<b>-2'050</b>	<b>-18'908</b>	<b>123</b>	<b>-283</b>	<b>-703</b>

Quelle: BFE 2005b.



Diese von der Schweiz exportierte Strommenge vermeidet eine Stromproduktion im Importland in der gleichen Menge. Es handelt sich hierbei um so genannte «transferred benefits». Um den daraus folgenden Nutzen für das Klima abzuschätzen, wird wie folgt vorgegangen:

**1. Vermiedene Menge Treibhausgase im Importland:**

Der Export gemäss Tab. 24 wird multipliziert mit dem durchschnittlichen Emissionsfaktor des Strommixes des importierenden Landes (s. Anhang A3)

**2. Durch Stromimport verursachte Treibhausgase:**

Der Export gemäss Tab. 24 wird multipliziert mit dem Emissionsfaktor für schweizerischen Exportstrom (s. Tab. 22)

Die Differenz dieser beiden Mengen ergibt die Höhe des Nutzens des schweizerischen Stromhandels bezüglich Treibhausgas-Emissionen in den Nachbarländern (Tab. 25). Da der Schweizer Strom wegen seines hohen Anteils an Wasserkraft mit relativ geringen Treibhausgas-Emissionen belastet ist, wird meistens eine Reduktion von Treibhausgas-Emissionen in den importierenden Ländern erreicht.

Am meisten Treibhausgas-Emissionen werden in Italien und Deutschland vermieden, welche rund 80 % des von der Schweiz exportierten Stroms abnehmen (Tab. 25). Der Strommix Frankreichs hat wegen seinem hohen Anteil an Atomstrom geringere Treibhausgas-Emissionen als der Schweizer Exportmix, weshalb im Falle Frankreichs durch die Substitution eine leichte Erhöhung der Treibhausgas-Emissionen resultiert.

Insgesamt können dem schweizerischen Stromexport rund 17 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. an im Ausland vermiedenen Emissionen zugeschrieben werden. Dies ist etwa das dreifache der durch den schweizerischen Eigenkonsum von Strom verursachten Treibhausgas-Emissionen. Dies liegt einerseits daran, dass der Stromexport nach Italien und Deutschland etwa die Hälfte des schweizerischen Eigenkonsums ausmacht und andererseits der italienische sowie der deutsche Strommix rund sechs mal höher mit Treibhausgas-Emissionen belastet sind als Schweizer Exportstrom. Entsprechend lohnt es sich für diese beiden Länder, mit Blick auf die Treibhausgas-Bilanz mehr Strom aus der Schweiz zu importieren.

**Tab. 25 > Durch schweizerischen Stromhandel in den Nachbarländern theoretisch vermiedene (negatives Vorzeichen) oder zusätzlich verursachte Treibhausgas-Emissionen (positives Vorzeichen).**

Vermiedene Emissionen 1000 t	Frankreich	Deutschland	Italien	Österreich	Übrige <sup>a)</sup>	Total
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	109	-5'918	-9'957	-232	-133	-16'130
CH <sub>4</sub> Methan	0.5	-12.3	-13.6	-1.2	-0.2	-26.8
N <sub>2</sub> O Lachgas	0.007	-0.171	-0.286	-0.007	-0.004	-0.461
HFC Fluorierte KWs	1.99E-06	-5.60E-06	-8.47E-06	4.64E-07	-1.74E-07	-1.18E-05
PFC Perfluorierte KWs	-2.96E-06	-1.68E-05	-4.16E-05	7.52E-09	-6.30E-07	-6.20E-05
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	-4.94E-07	-4.34E-06	-2.29E-05	-2.11E-07	-2.17E-07	-2.82E-05
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>123</b>	<b>-6'251</b>	<b>-10'355</b>	<b>-261</b>	<b>-139</b>	<b>-16'883</b>

<sup>a)</sup> Als UCTE-Mix berücksichtigt

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

### 3.10.6 Auswirkungen der Liberalisierung im Strommarkt und insbesondere der Kennzeichnungspflicht

Mit der Liberalisierung des Stromhandels und der Kennzeichnungspflicht der Stromprodukte wird sich die Modellierung von Stromimporten und -exporten im Zusammenhang mit der Bestimmung der grauen Treibhausgas-Emissionen verändern. Heute basieren die Berechnungen der grauen Treibhausgas-Emissionen auf statistischen Informationen zu den nationalen Mixen. In Zukunft werden jedoch deklarierte Stromimporte und -exporte dazu führen, dass detailliertere Informationen über die gehandelten Stromqualitäten greifbar werden.

Dadurch wird es möglich, präzisere Berechnungen darüber anzustellen, wie hoch die grauen Treibhausgas-Emissionen durch den Stromhandel tatsächlich sind. Auch lässt sich genauer sagen, welche Stromqualitäten in der Schweiz abgesetzt werden. Wieweit und wie schnell die Stromkennzeichnung sich in die statistischen Unterlagen der Stromwirtschaft niederschlagen werden, lässt sich allerdings heute noch nicht sagen. Eine entsprechende Aufbereitung der Informationen im Rahmen der Schweizer Elektrizitätsstatistik ist auf alle Fälle wünschenswert.

Insgesamt werden der Stromhandel durch die Liberalisierung weiter an Dynamik gewinnen und die Handelsvolumina weiter steigen. Damit dürfte die Bedeutung des Stromhandels bezüglich der Schweizer Bilanz grauer Treibhausgase weiter zunehmen, und zwar sowohl auf der Seite des Imports grauer Emissionen als auch seitens der «transferred benefits».

## 4 > Methodisches Vorgehen für die Gesamtbilanz Schweiz

---

*In den letzten Jahren nahm die Verfügbarkeit von Ökobilanzdaten zu Produkten und Dienstleistungen weiter zu. Damit ist man heute in der Lage, die grauen Treibhausgas-Emissionen für eine Reihe von Wirtschaftssektoren zu bestimmen und damit die Schweizer Bilanz der grauen Treibhausgas-Emissionen zu komplettieren. – Im Rahmen dieser Aktualisierung und Erweiterung werden die grauen Treibhausgas-Emissionen für den gesamten Aussenhandel der Schweiz bestimmt. Hierbei werden nicht nur die Güterimporte sondern auch die Güter- und Dienstleistungsexporte (Finanzsektor, Chemie, Uhren und Schmuck, Tourismus) beachtet. Zu diesem Zweck werden die mit der Herstellung von Exportgütern verbundenen Treibhausgas-Emissionen (direkte und graue) quantifiziert.*

---

### 4.1 Einführung

In der Gesamtbilanz Schweiz wird unterschieden zwischen (siehe auch Kap. 2 *Systemgrenzen*):

- > direkten «weissen» Treibhausgas-Emissionen,
- > importierten «grauen» Treibhausgas-Emissionen, und
- > exportierten «weissen» plus «grauen» Treibhausgas-Emissionen.

Leitgedanke des methodischen Ansatzes ist die Konsumentenoptik: Was wird durch den Konsum von der in der Schweiz lebenden Bevölkerung verursacht beziehungsweise was wird für den Konsum im Ausland exportiert?

### 4.2 Warenhandel

Als Hauptinformationsquelle für den Warenhandel dienen die Schweizer Aussenhandelsstatistik und ihre Einteilung in 65 Warengruppen einerseits und Produkt-Ökobilanzen andererseits. Das konsequente Abstützen auf die Aussenhandelsstatistik erlaubt ein einfaches Fortschreiben der Daten. Bei den Produktökobilanzen werden jeweils die aktuellsten, qualitativ genügenden Arbeiten verwendet. In den Zeitreihen bleibt eine höhere Treibhausgas-Intensität bei der Produktion in früheren Jahren aufgrund inzwischen effizienterer Herstellungsverfahren unberücksichtigt. Dies führt zu einer Unterschätzung der grauen Treibhausgas-Emissionen sowohl für Importe als auch für Exporte für weiter zurückliegende Jahre.

Die Aussenhandelsstatistik gibt auf einer detaillierten Ebene Aufschluss darüber, von wo die einzelnen Güterkategorien importiert werden. Damit ist aber noch nicht klar, wo das Produkt ursprünglich hergestellt wurde. Auch bezüglich Transportmittel gibt die Aussenhandelsstatistik nur unvollständig Auskunft, indem lediglich das Transportmittel beim Grenzübertritt ausgewiesen wird.<sup>9</sup> Deshalb wird den Transporten ein spezielles Augenmerk gewidmet.

### 4.3 Handel mit Dienstleistungen

#### 4.3.1 Auswahl

Die Auswahl der betrachteten Dienstleistungen erfolgt einerseits aufgrund der monetären Wichtigkeit im Import und Export. Andererseits kommen nur solche Kategorien von Dienstleistungen in Frage, für die bereits Ökobilanzdaten vorhanden sind oder mit vertretbarem Aufwand zusammengestellt werden können. Es werden im folgenden die vier Dienstleistungsbereiche *Beherbergung & Gaststätten, Landtransport, Banken & Versicherungen* sowie *Flugtransporte* betrachtet (NOGA-Kategorien 55, 60, 65–67 und 62). Das Vorgehen bei den Flugtransporten ist aufgrund der vermuteten Wichtigkeit und des guten statistischen Materials etwas detaillierter als für die übrigen drei Dienstleistungsbereiche und wird in einem eigenen Unterkapitel behandelt.

#### 4.3.2 Beherbergung & Gaststätten, Landtransport, Banken & Versicherungen

Im Gegensatz zu den Lufttransportdienstleistungen, deren Emissionen direkt über die Transportleistung hergeleitet wird, wird bei den drei übrigen Dienstleistungsgruppen der monetäre Weg gewählt. Das heisst, es werden Emissionsfaktoren pro Franken einer Dienstleistung hergeleitet.

Zu diesem Zweck werden Ökobilanz- und Umweltberichtsdaten mit monetären Werten verknüpft. In einem ersten Schritt werden die Ökobilanzdaten auf einen einzelnen Mitarbeiter normiert. In einem zweiten Schritt werden die Bruttoproduktionswerte und Mitarbeiterzahlen aus der schweizerischen NAMEA-Statistik (Füssler et al. 2005) verwendet, um für jede Dienstleistungsgruppe einen Bruttoproduktionswert pro Mitarbeiter zu ermitteln. Damit sind einerseits die Treibhausgas-Emissionen und andererseits der Bruttoproduktionswert jeweils pro Mitarbeiter und Dienstleistungsbereich bekannt. Mit diesen Informationen ist es nun möglich, die Ökobilanzdaten (und damit die Treibhausgas-Emissionen) pro Schweizer Franken auszudrücken.

*Landtransporte* beinhaltet nebst den Passagier- auch Frachttransporte. Letztere sind jedoch in der Gesamtbilanz (Kap. 7 *Ergebnisse Gesamtbilanz Schweiz*) nicht mehr als separat erbrachte Dienstleistungen, sondern bei den einzelnen Warengruppen verbucht.

<sup>9</sup> Dieses Problem besteht auch bei der Ermittlung der grauen Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors.

### 4.3.3 Flugtransporte

Die Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen des Flugverkehrs ist etwas komplexer als diejenige der übrigen Dienstleistungen. Einerseits sind die Emissionen in der Treibhausgasstatistik unter dem Memo Item «International Bunkers» zu einem guten Teil Ausländern anzulasten, andererseits werden von Inländern zusätzliche Flugtransportdienstleistungen im Ausland nachgefragt, die in Statistiken nicht ausgewiesen werden. Die dazu notwendigen Annahmen bezüglich Ausmass und Abgrenzung werden von Kaufmann et al. (2000) übernommen. Die Zuordnung der Transportdienstleistungen zu weissen und grauen Treibhausgas-Emissionen sowie die Unterteilung nach Import und Export sind in Tab. 26 aufgeführt.

In der Berechnung der Gesamtbilanz (Kap. 7 *Ergebnisse Gesamtbilanz Schweiz*) werden die hier ausgewiesenen Frachttransporte nicht separat berücksichtigt, da diese schon in der Bilanz der Warengruppen enthalten sind. Damit wird eine Doppelzählung vermieden.

**Tab. 26 > Aufteilung der Treibhausgas-Emissionen auf Flugreise und Passagiertyp bzw. Fracht.**

Typ Treibhausgasemission	Flugreise und Passagiertyp bzw. Fracht
Weiss	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der <b>Hinflug von Inländern</b> ins In- oder Ausland, die ihre Reise ab einem schweizerischen Flughafen beginnen <sup>a)</sup></li> </ul>
Import grau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der <b>Rückflug</b> sowie im Ausland zusätzlich nachgefragte (Anschluss-) Flüge <b>von Inländern</b></li> <li>• Der Luftfrachttransport nach Schweizer Flughäfen <sup>b)</sup></li> </ul>
Export grau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ausländer</b>, die ab einem schweizerischen Flughafen ihre Flugreise beginnen</li> <li>• Personen, die im Ausland ihre Flugreise beginnen und auf einem schweizerischen Flughafen auf ein anderes Flugzeug umsteigen (Transferpassagiere)</li> <li>• Der Luftfrachttransport ab Schweizer Flughäfen <sup>b)</sup></li> </ul>
nicht berücksichtigt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inländer, die ihre Flugreise ab einem ausländischen Flughafen starten <sup>c)</sup></li> <li>• Der Rückflug von Ausländern nach einem Schweizer Flughafen (fällt unter keine der vorgenannten Kategorien)</li> <li>• Personen, die im Ausland ihre Flugreise beginnen und in der Schweiz zwischenlanden, d.h. mit dem gleichen Flugzeug weiterfliegen (Transitpassagiere), sind mit einem Anteil von ca. 1 % vernachlässigbar</li> </ul>

<sup>a)</sup> berücksichtigte schweizerische Flughäfen: Zürich-Kloten, Genf-Cointrin, Basel-Mulhouse, Bern-Belp, St. Gallen-Altenrhein, Lugano-Agno und Sion

<sup>b)</sup> Für die Gesamtbilanz werden die Frachttransporte nicht unter Dienstleistung berücksichtigt, da Frachttransporte bereits in den Waren enthalten sind.

<sup>c)</sup> Vermutlich nur für im Kanton Tessin wohnhafte Personen relevanter Aspekt (Abflug ab Mailand-Malpensa), für die Gesamtschweiz vernachlässigbar.

## 5 > Graue Treibhausgas-Emissionen: Waren

*In diesem Kapitel werden die mit dem Warenhandel verbundenen grauen Treibhausgas-Emissionen bestimmt. Bei den Waren wird auch der Stromhandel mit berücksichtigt. Ferner werden die für den Warenhandel notwendigen Frachtransporte in der Bilanz berücksichtigt. Die Treibhausgasintensitäten werden auf Grundlage von Ökobilanzdaten berechnet und mit den Massenströmen der Aussenhandelsstatistik verknüpft.*

### 5.1 Grundlagen Aussenhandelsstatistik

Die hier verwendete Datenreihe für Warenimporte und Exporte von 1990 bis 2004 liegt vollständig in elektronischer Form für 65 Warengruppen vor (Eidg. Oberzolldirektion 2004 und ältere). Für das Jahr 2004 wurden die detaillierten Daten für über 60000 Items in elektronischer Form beschafft und ausgewertet. In einem ersten Schritt werden diese Items auf Stufe 1, 2, 3, 4 und 5 jeweils zusammengefasst. Die Verknüpfung mit den Ökobilanzdaten erfolgt auf Stufe 3 oder wo nötig auf Stufe 4. Erfasst werden alle Warenströme nach ihrem Gewicht. Nur der Stromhandel wird entsprechend der gehandelten Kilowattstunden erfasst.

**Tab. 27 > Beispiel für die Aufgliederung der Aussenhandelsstatistik und Verknüpfung zu Ökobilanzdaten in dieser Studie.**

*In der Aussenhandelsstatistik stehen Daten auf unterschiedlichen Aggregationsniveaus zur Verfügung. Für diese Studie wird auf unterschiedliche Daten zurückgegriffen. Unterstrichen ist jeweils der relevante Teil der Gruppen-Kennziffer*

Stufe	Gruppe	Bezeichnung und Beispiel	Anzahl Items	Nutzung in dieser Studie
0		Total aller Importe bzw. Exporte	1	keine
1	<u>0</u>	Hauptwarengruppe: Nahrungsmittel und lebende Tiere	10	Verknüpfung mit Transportmittelanteilen
2	<u>010.00</u>	Warengruppe: Fleisch und Zubereitungen von Fleisch	67	Verknüpfung zur Jahresreihe der Importe bzw. Exporte
3	<u>011.00</u>	Fleisch von Rindern, frisch, gekühlt oder gefroren	101	Verknüpfung mit Ökobilanzdaten
4	<u>011.10</u>	Fleisch von Rindern, frisch oder gekühlt	133	Zusammenfassung zur Oberkategorie oder wo sinnvoll direkte Verknüpfung zur Ökobilanz
5	<u>011.11</u>	Fleisch von Rindern, frisch oder gekühlt, mit Knochen	3882	Zusammenfassung zu Stufe 4
6	<u>001.11</u>	Zusätzlich Unterteilung hinsichtlich Herkunft	65600	Zusammenfassung zu Stufe 5

Quelle: Eidg. Oberzolldirektion 2004.

Tab. 28 zeigt die Hauptwarengruppen der Stufe 1. Diese Gruppierung wird in der Diskussion der Ergebnisse verwendet.

**Tab. 28 > Hauptwarengruppen der Aussenhandelsstatistik.**

*Die Tabelle zeigt die Hauptwarengruppen der Stufe 1, die in der Aussenhandelsstatistik unterschieden werden.*

0	Nahrungsmittel und lebende Tiere
1	Getränke und Tabak
2	Rohstoffe (ohne Nahrungsmittel und mineralische Brennstoffe)
3	Mineralische Brennstoffe, Schmiermittel und verwandte Erzeugnisse
4	Tierische und pflanzliche Öle, Fette und Wachse
5	Chemische Erzeugnisse, a.n.g.
6	Bearbeitete Waren, vorwiegend nach Material gegliedert
7	Maschinenbauerzeugnisse und Fahrzeuge
8	Verschiedene Fertigwaren
9	Waren und Warenverkehrsvorgänge, anderweitig in der SITC nicht erfasst

Quelle: Eidg. Oberzolldirektion 2004.

Tab. 29 zeigt die vollständige Liste der Warengruppen in der Aussenhandelsstatistik.<sup>10</sup> Im Jahr 2004 wurden etwa 46 Mio. Tonnen Waren importiert und 15 Mio. Tonnen Waren exportiert.

Neben den Warenimporten wird in der Aussenhandelsstatistik auch der Wert der Stromimporte und -exporte (Kategorie 35) ausgewiesen. Für die Verwendung in dieser Studie ist jedoch die Statistik der gehandelten Kilowattstunden geeigneter. Diese steht aus der Elektrizitätsstatistik ebenfalls als Jahresreihe zur Verfügung (BFE 2005b und frühere).

<sup>10</sup> In diesem Kapitel wird in den Auswertungen für die einzelnen Warengruppen aus Platzgründen jeweils nur die zugehörige zweistellige Nummer angegeben.

Tab. 29 &gt; Warengruppen der Aussenhandelsstatistik und Mengen in kg (Strom in kWh) für das Jahr 2004.

Die Tabelle zeigt die Warenströme für Importe und Exporte in verschiedenen Warengruppen.

Einheiten: Kilogramm, Strom in kWh	Import Waren	Export Waren
	2004	2004
<b>Total</b>	<b>46'516'909'604</b>	<b>15'188'715'138</b>
00 Lebende Tiere	4617262	3254941
01 Fleisch und Fleischwaren	103'102'216	9'521'410
02 Molkereierzeugnisse und Eier	103'898'516	130'730'629
03 Fische und Krebstiere	57841009	187371
04 Getreide, Getreideerzeugnisse	728'057'266	72'963'677
05 Gemüse, Früchte	962'945'751	304'860'619
06 Zucker, Zuckerwaren, Honig	370'082'208	20'841'475
07 Kaffee, Tee, Kakao, Gewürze	159'252'746	159'832'586
08 Futtermittel	746'308'829	73'010'843
09 Andere Nahrungsmittel	98'844'558	130'224'093
11 Getränke	655'398'461	253'330'175
12 Tabak und Tabakwaren	39'297'825	37'836'745
21 Häute, Felle, Pelzfelle	204'151	15'945'416
22 Ölsaaten und ölhaltige Früchte	83326009	574043
23 Rohkautschuk	39'285'769	7'564'718
24 Kork und Holz	963'904'381	1'932'182'778
25 Papierzeug	697'173'390	504'813'723
26 Spinnstoffe	43'343'535	61'451'521
27 Mineralische Rohstoffe	8'032'638'948	1'173'424'214
28 Metallurgische Erze und Metallabfälle	686'489'729	743'050'857
29 Andere tierische und pflanzliche Rohstoffe	171'634'663	27'767'900
32 Kohle, Koks, Briketts	318'771'017	1'056'680
33 Erdöl	12'601'747'277	1'135'940'796
34 Gas	2'515'267'163	26'481'651
41 Tierische Öle und Fette	11380564	477742
42 Pflanzliche Öle, Fette	105'186'104	2'274'938
43 Tierische und Pflanzliche Öle	14'168'510	4'131'968
51 Organische Chemikalien	1'071'116'336	249'454'350
52 Anorganische Chemikalien	523'701'135	164'895'455
53 Farbstoffe, Gerbstoffe	331'506'566	197'651'183
54 Medizinische und pharmazeutische Erzeugnisse	58'752'297	81'795'592
55 Riechstoffe, Putzmittel	222'826'440	165'420'522
56 Chemische Düngemittel	241'790'389	6'470'953
57 Kunststoffe in Primärformen	1'035'789'428	360'930'475
58 Kunststoffe in anderen Formen als Primärformen	297'070'519	259'843'907
59 Chemische Erzeugnisse	1'284'234'879	367'508'545
61 Leder, -waren, Pelzfelle	3'193'931	1'085'516
62 Kautschukwaren	121'367'627	59'205'928
63 Kork- und Holzwaren	688'196'564	536'711'320
64 Papier, Pappe, Waren	1'380'043'020	1'555'302'907
65 Textilien	155'718'475	130'515'507
66 Waren aus mineralischen Stoffen	2'429'863'169	513'786'106
67 Eisen und Stahl	2'355'790'676	1'208'003'903
68 NE- Metalle	479'247'998	230'601'297
69 Metallwaren, a.n.g.	569'862'393	326'396'346
71 Kraftmaschinen	52'528'865	60'668'408
72 Arbeitsmaschinen	202'074'942	266'799'320
73 Metallbearbeitende Maschinen	48'042'316	99'835'712
74 Maschinen, a.n.g.	283'252'738	197'540'487
75 Büro- und EDV-Maschinen	52'450'593	8'342'698
76 Nachrichtengeräte	44'588'507	6'965'209
77 Elektrische Maschinen, a.n.g.	231'243'710	194'303'094
78 Straßenfahrzeuge	591'648'942	320'300'572
79 Andere Transportmittel	63'309'501	24'665'689
81 Sanitäre Anlagen, Beleuchtung	109'571'766	33'015'140
82 Möbel, Teile davon	442'855'428	136'485'626
83 Koffer und Taschenwaren	22'176'325	5'048'984
84 Bekleidung, Zubehör	95'066'341	8'973'362
85 Schuhe	29'934'538	1'854'905
87 Meß- und Prüfapparate	23'687'915	24'643'216
88 Fotografische und optische Apparate, Ausrüstungen ur	17'613'019	9'967'971
89 Sonstige Fertigwaren, a.n.g.	580'302'641	333'675'968
93 Besondere Warenverkehrsvorgänge und Waren, nicht i	62'250'205	206'205'837
97 Gold	71613	109619
35 Elektrischer Strom	37'690'000'000	38'393'000'000

Quelle: BFE 2005b; Eidg. Oberzolldirektion 2004.



## 5.2 Grundlagen Ökobilanz

Hauptgrundlage für die Abschätzung von grauen Treibhausgas-Emissionen aus der Produktion unterschiedlicher Güter ist die ecoinvent Datenbank (ecoinvent Centre 2006). Für landwirtschaftliche Produkte, insbesondere Gemüse und Fleischwaren wird auf ältere Daten zurückgegriffen (Jungbluth 2000). Einige weitere Produkte werden mit Daten aus der firmeninternen Projektdatenbank von ESU-services abgeschätzt.

## 5.3 Transporte von importierten und exportierten Gütern

Die Transporte der importierten und exportierten Güter werden bei der jeweiligen Produktkategorie verbucht. Für die Bestimmung der Anteile verschiedener Transportmittel werden Daten für die Hauptgütergruppen aus dem Jahr 2004 zu Grunde gelegt (siehe Tab. 30).

**Tab. 30 > Anteil verschiedener Transportmittel für Importe und Exporte in den Hauptgütergruppen.**

*Die Anteile verschiedener Transportmittel stehen für die 10 Hauptgütergruppen zur Verfügung. Bekannt ist jeweils nur die Verkehrsart beim Grenzübertritt. Vorgelagerte Transporte, z.B. Hochseetransporte bis zu einem Seehafen können damit nur grob abgeschätzt werden.*

Anteil Import	Total	Schiene	Strasse	Luft	Post	Pipeline	Wasser
	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004
<b>Hauptgruppen</b>							
<b>Total</b>	<b>100.0%</b>	<b>16.9%</b>	<b>51.7%</b>	<b>0.2%</b>	<b>0.0%</b>	<b>18.0%</b>	<b>13.3%</b>
Land- und forstwirtschaftliche Erzeugnisse, lebende Tiere	100.0%	13.8%	68.1%	0.7%	0.0%	0.0%	17.4%
Anderer Nahrungs- und Futtermittel	100.0%	17.1%	70.9%	0.3%	0.0%	0.0%	11.8%
Feste mineralische Brennstoffe	100.0%	4.7%	41.1%	0.0%	0.0%	0.0%	54.2%
Erdöl, Mineralölerzeugnisse	100.0%	18.7%	6.4%	0.0%	0.0%	54.5%	20.4%
Erze und Metallabfälle	100.0%	42.7%	35.5%	0.0%	0.0%	0.0%	21.6%
Eisen, Stahl und NE-Metalle	100.0%	34.7%	54.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.3%
Steine, Erden, Baustoffe	100.0%	3.0%	87.1%	0.0%	0.0%	1.2%	8.7%
Düngemittel	100.0%	14.1%	23.9%	0.0%	0.0%	0.0%	62.0%
Chemische Erzeugnisse	100.0%	28.3%	60.3%	0.1%	0.0%	0.0%	11.3%
Fahrzeuge, Maschinen, Halb- und Fertigwaren a.n.g.	100.0%	14.4%	83.8%	0.7%	0.2%	0.0%	0.9%
<b>Hauptgruppen</b>							
<b>Total</b>	<b>100.0%</b>	<b>20.3%</b>	<b>69.6%</b>	<b>3.9%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.8%</b>	<b>5.4%</b>
Land- und forstwirtschaftliche Erzeugnisse, lebende Tiere	100.0%	41.8%	57.1%	0.1%	0.0%	0.0%	1.0%
Anderer Nahrungs- und Futtermittel	100.0%	8.9%	77.5%	0.2%	0.0%	9.9%	3.6%
Feste mineralische Brennstoffe	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Erdöl, Mineralölerzeugnisse	100.0%	32.2%	24.5%	0.0%	0.0%	0.0%	43.3%
Erze und Metallabfälle	100.0%	50.4%	49.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
Eisen, Stahl und NE-Metalle	100.0%	22.0%	69.8%	0.1%	0.0%	0.0%	8.1%
Steine, Erden, Baustoffe	100.0%	23.7%	73.4%	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%
Düngemittel	100.0%	71.4%	28.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Chemische Erzeugnisse	100.0%	18.7%	75.1%	1.1%	0.0%	0.1%	4.9%
Fahrzeuge, Maschinen, Halb- und Fertigwaren a.n.g.	100.0%	9.5%	85.3%	1.4%	0.0%	0.0%	3.7%

Quelle: Eidg. Oberzolldirektion 2004.

Es gibt keine statistischen Erhebungen zu den Transportentfernungen. Diese müssen deshalb auf Grund der Erfahrung aus einer Reihe von Produktökobilanzen grob abgeschätzt werden (siehe Tab. 31). Für importierte Güter wird dabei der Transport vom Herstellungsort bis Schweizer Grenze verbucht. Bei Exporten werden ebenfalls nur die Transporte bis zur Grenze berücksichtigt. Deshalb sind im Export die Transportentfernungen in der Regel deutlich kleiner.

**Tab. 31 > Annahmen für die Transportentfernungen in dieser Studie.**

Die Tabelle zeigt die Berechnung der Transportentfernungen an Hand des Beispiels «Fleischwaren». Auf der rechten Seite stehen die Anteile der Transportmittel für die Kategorie Nahrungsmittel. Diese werden mit den gezeigten Entfernungen multipliziert, um den Transportaufwand pro kg Produkt zu bestimmen. Bei Importen über den Rhein wird neben dem Binnenschiff auch ein vorheriger Transport per Hochseefrachter berücksichtigt.

Name	Location	InfrastructureProcess	Unit	Import	Export	Entfernung	Anteil Import	Anteil Export
	CH	0	kg	0	0			
transport, freight, rail	CH	0	tkm	0	8.36E-2	km		41.8%
transport, lorry 40t	CH	0	tkm	0	1.14E-1	km		57.1%
transport, barge	RER	0	tkm	1.40E-1	8.15E-3	km		1.0%
transport, freight, rail	RER	0	tkm	8.25E-2	0	km	13.8%	
transport, lorry 32t	RER	0	tkm	4.09E-1	0	km	68.1%	
transport, aircraft, freight	RER	0	tkm	3.46E-2	2.55E-3	km	0.7%	0.1%
transport, transoceanic freight ship	OCE	0	tkm	1.74E+0	0	km	17.4%	

Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

## 5.4 Verknüpfung von Ökobilanzdaten auf der Ebene von Warengruppen

In einem ersten Schritt wird für jede Warengruppe (65 Items) ein gemittelter Input von Produkten bestimmt, für welche Ökobilanzdaten zur Verfügung stehen. Zusätzlich werden die Transportaufwendungen berücksichtigt. Mit dieser Bilanz können später die Treibhausgasintensitäten pro kg importiertem bzw. exportiertem Gut bestimmt werden.

Tab. 32 zeigt hierfür ein Beispiel für die Warengruppe «Fleisch und Zubereitungen von Fleisch». Im oberen Teil werden wiederum die Transportdienstleistungen pro kg importiertem bzw. exportiertem Gut berechnet. Aus vier in der Statistik ausgewiesenen Untergruppen wird ein Mix erstellt und dieser mit entsprechenden Ökobilanzdaten verknüpft. In diesem Fall wird z.B. die importierte Menge an «Fleisch von Rindern, frisch, gekühlt oder gefroren» mit dem Inventar für Rindfleisch abgeschätzt (beef, IP, at slaughter house). Da Daten für ausländische Produkte nicht zur Verfügung stehen, wird in diesem Fall mit der Schweizer Integrierten Produktion (IP) gerechnet.

**Tab. 32 > Beispiel für die Verknüpfung von Ökobilanzdaten für die Warengruppe 01.**

Im oberen Teil werden die Transportdienstleistungen pro kg importiertem bzw. exportiertem Gut berechnet. Aus vier in der Statistik ausgewiesenen Untergruppen wird ein Mix erstellt und dieser mit entsprechenden Ökobilanzdaten verknüpft. In diesem Fall wird z.B. die importierte Menge an «Fleisch von Rindern, frisch, gekühlt oder gefroren» mit dem Inventar für Rindfleisch abgeschätzt (beef, IP, at slaughter house).

	Name	Location	InfrastructureProc	Unit	01.Fleisch und Zubereitungen von Fleisch , Import ,	01.Fleisch und Zubereitungen von Fleisch , Export ,	Faktor	Fleisch und Zubereitungen von Fleisch	Import	Export
					CH 0 kg	CH 0 kg				
	Location InfrastructureProcess Unit								103'102'216	9'521'410
									103'102'216	9'521'410
									103'102'216	9'521'410
transports	transport, freight, rail	CH	0	tkm	0	8.36E-2	km	200 transport statistics	-	41.8%
	transport, lorry 40t	CH	0	tkm	0	1.14E-1	km	200 transport statistics	-	57.1%
	transport, barge	RER	0	tkm	1.40E-1	8.15E-3	km	800 transport statistics	-	1.0%
	transport, freight, rail	RER	0	tkm	8.25E-2	0	km	600 transport statistics	13.8%	-
	transport, lorry 32t	RER	0	tkm	4.09E-1	0	km	600 transport statistics	68.1%	-
	transport, aircraft, freight	RER	0	tkm	3.46E-2	2.55E-3	km	5000 transport statistics	0.7%	0.1%
	transport, transoceanic freight ship	OCE	0	tkm	1.74E+0	0	km	10000 transport statistics	17.4%	-
products	beef, IP, at slaughter house	CH	0	kg	9.31E-2	4.43E-4	011.00	1 Fleisch von Rindern, frisch, gekühlt oder gefroren Fleisch (ohne solches von Rindern) und geniessbare	9'600'728	4'218
	meat mixed, IP, at slaughter house	CH	0	kg	8.05E-1	8.64E-1	012.00	1 Schlachtnebenerzeugnisse, frisch, gekühlt oder gefroren, für die menschliche Ernährung Fleisch und geniessbare Schlachtnebenerzeugnisse,	83'006'935	8'223'790
	meat mixed, organic, at slaughter house	CH	0	kg	1.84E-2	1.24E-1	016.00	1 gesalzen, in Salzlake, getrocknet oder geräuchert, geniessbares Mehl von Fleisch oder von	1'897'149	1'178'393
	meat instant meal, at plant	CH	0	kg	8.34E-2	1.21E-2	017.00	1 Fleisch und geniessbare Schlachtnebenerzeugnisse, zubereitet oder haltbar gemacht, a.n.g.	8'597'404	115'009

Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

## 5.5

**Datenunsicherheiten**

Die Datengrundlage für die verschiedenen Warengruppen ist von unterschiedlicher Qualität. Für Nahrungsmittel, Chemikalien, Metalle und Energieträger stehen gut abgestützte und detaillierte Ökobilanzdaten zur Verfügung. Zukünftig zu verbessern ist insbesondere die Abschätzung für Textilien sowie für Schuhe, Lederwaren und zugehörige Vorprodukte. Weniger detailliert untersucht sind auch viele hoch verarbeitete Produkte wie z.B. Uhren sowie alle Arten von Elektro- und Elektronikgeräten. Da es im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich ist, hierfür zusätzliche Recherchen anzustellen, müssen die Daten für solche Waren teilweise grob abgeschätzt werden.

5.6

## **Berechnung der Treibhausgas-Intensitäten für Warengruppen der Aussenhandelsstatistik**

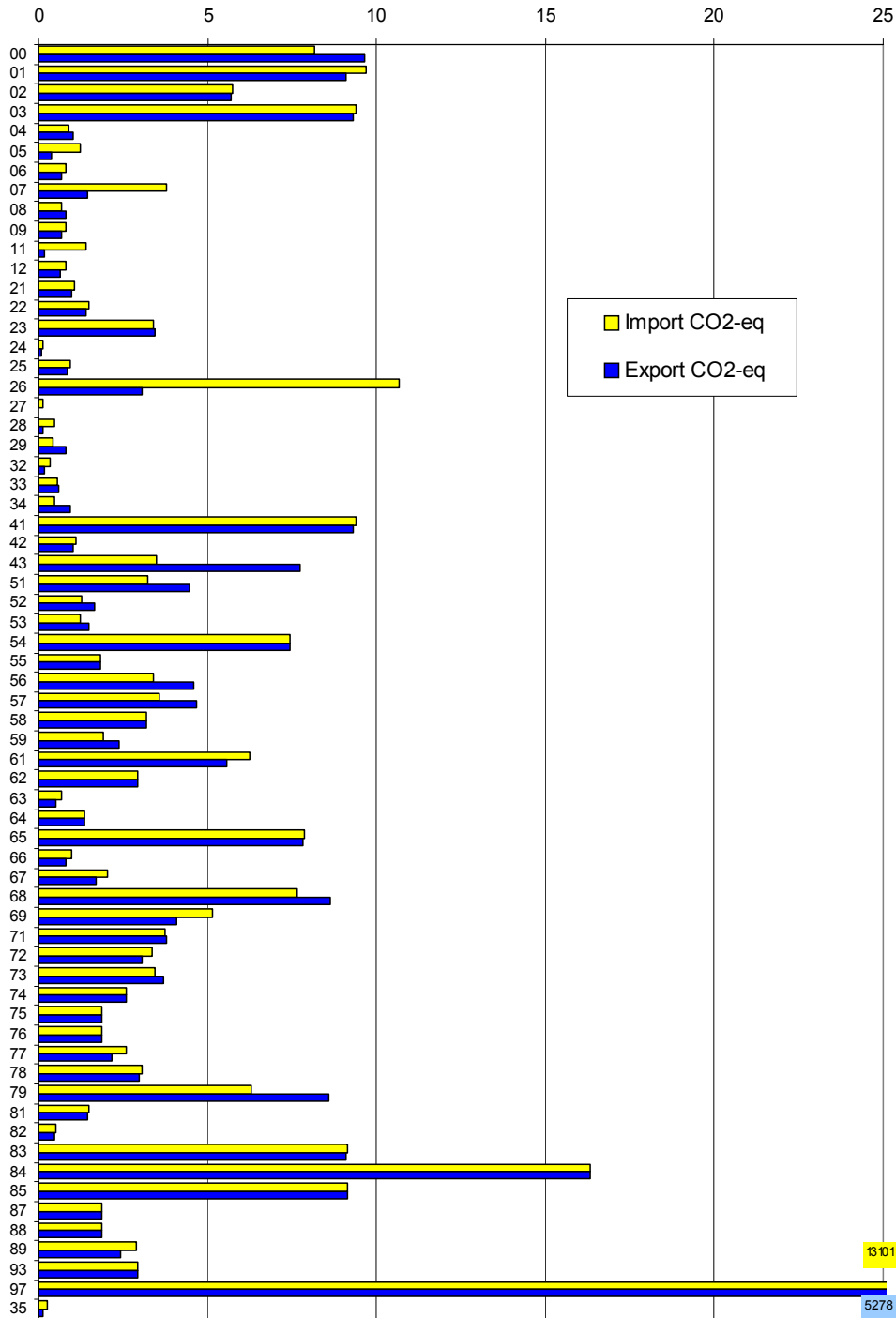
Die Bilanzierung der Treibhausgas-Intensitäten wird, wie oben gezeigt, für 65 Warengruppen durchgeführt. Hierzu werden die Ökobilanzdaten zunächst in das Computerprogramm SimaPro (PRé Consultants 2006) eingegeben. Mit Hilfe des Programms können dann die kumulierten Treibhausgas-Emissionen berechnet und zusammengefasst werden.

Abb. 11 zeigt die Treibhausgas-Intensitäten aller Warengruppen in kg CO<sub>2</sub>-eq pro kg importierter bzw. exportierter Ware (beziehungsweise pro kWh Strom). Insgesamt gibt es grosse Unterschiede hinsichtlich der Treibhausgasintensitäten verschiedener Warengruppen. Die deutlich höchsten Werte ergeben sich für Warenflüsse von Gold (Kategorie 97). Von Bedeutung sind auch tierische Produkte (00–03). Relativ hoch (aber auch recht unsicher) sind die Treibhausgasintensitäten für Textilien und Lederwaren (83–85). Sehr geringe Intensitäten sind hingegen z.B. bei mineralischen Baustoffen aus der Kategorie 27 zu beobachten. Der grosse Unterschied zwischen Import und Export in Gruppe 26 (Textilien) liegt darin begründet, dass die Schweiz vorwiegend Alttextilien exportiert. Den Alttextilien werden nur geringe CO<sub>2</sub>-eq Emissionen für die Sammlung zugeordnet. Unterschiede zwischen importierten und exportierten Waren ergeben sich durch unterschiedliche Transportdistanzen und teilweise unterschiedliche Anteile der einzelnen Gruppen in der Statistik.

Die Intensität beim Stromimport bzw. Export beträgt 0.26 bzw. 0.12 kg CO<sub>2</sub>-eq/kWh. Sie wird in dieser Grafik ganz unten gezeigt (Kategorie 35). Sie stimmt gut mit den in Tab. 22 gezeigten Werten überein (0.25 bzw. 0.11 kg CO<sub>2</sub>-eq/kWh).

**Abb. 11 > Treibhausgas-Intensitäten aller Warengruppen aus der Aussenhandelsstatistik (kg CO<sub>2</sub>-eq pro kg Ware bzw. kWh Strom).**

Die Intensitäten beschreiben die kumulierten Treibhausgas-Emissionen von pro Einheit der Handelsstatistik. Warengruppencodes gemäss Tab. 29.



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

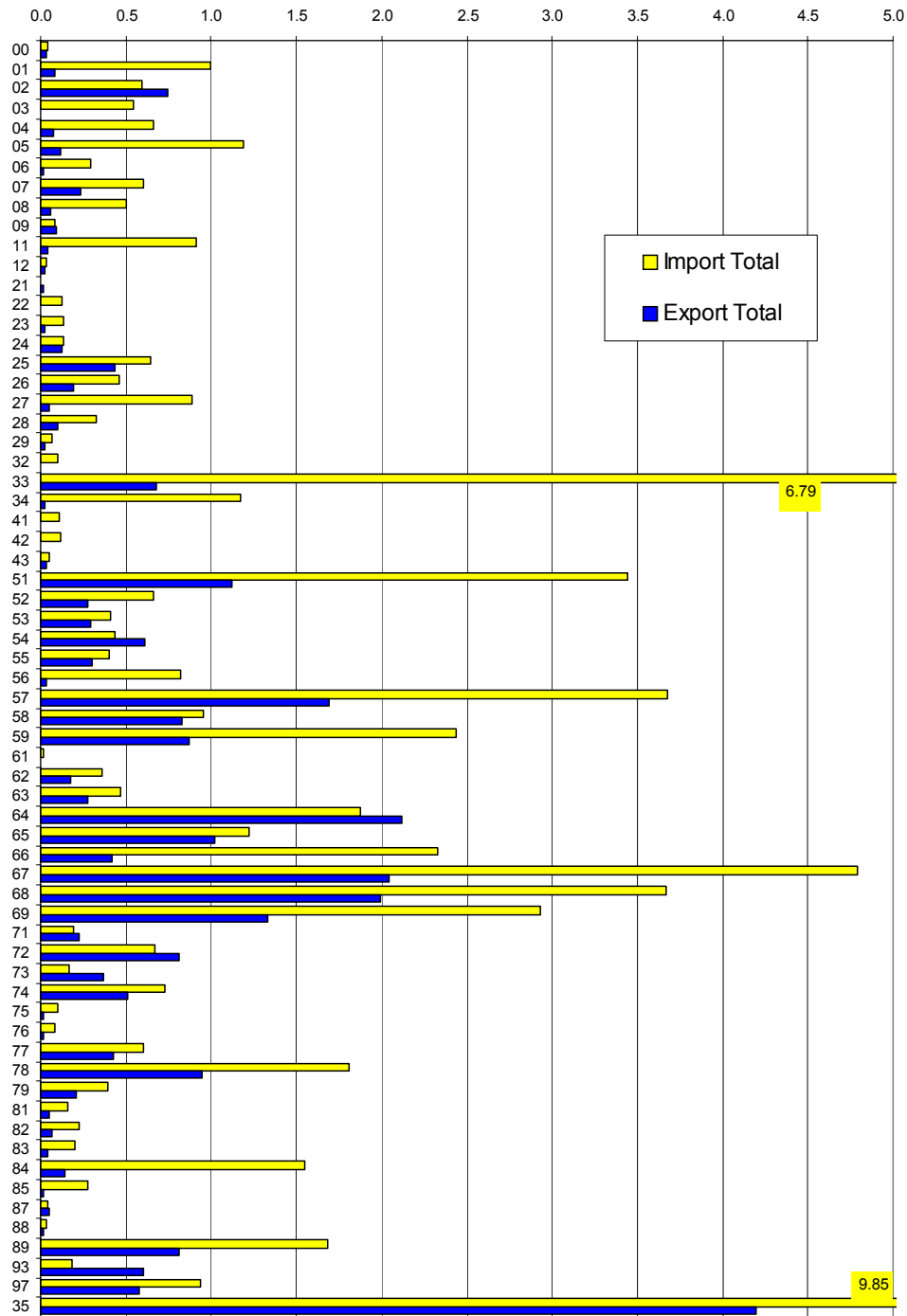
## 5.7 Berechnung der Treibhausgas-Importe und -Exporte für Warengruppen der Aussenhandelsstatistik

Abb. 12 zeigt die durch den Warenhandel der Schweiz (Importe und Exporte) verursachten grauen Treibhausgas-Emissionen. Diese Ströme werden durch Multiplikation der Warenmenge (Tab. 29) mit den Treibhausgas-Intensitäten (Abb. 11) für das Jahr 2004 bestimmt.

Die wichtigsten Warengruppen für Importe von grauen Treibhausgas-Emissionen sind die Erdölprodukte aus Kategorie 33 und der Handel mit Strom in Kategorie 35. In der Kategorie 33 werden sowohl Rohöl als auch Brenn- und Treibstoffe verbucht. Von Bedeutung sind ausserdem verschiedene bearbeitete Waren der Kategorien 64–69. Der zweithöchste Import grauer Treibhausgas-Emissionen erfolgt dabei mit Waren der Kategorie Eisen und Stahl (67). Auch bei den Exporten grauer Treibhausgas-Emissionen spielen diese Kategorien eine relativ wichtige Rolle.

**Abb. 12 > Treibhausgas-Importe und -Exporte aller Warengruppen aus der Aussenhandelsstatistik für das Jahr 2004 (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Jahr).**

*Relevant ist insbesondere der Handel mit Strom (35) und der Import von fossilen Brenn- und Treibstoffen (33). Warengruppencodes gemäss Tab. 29.*



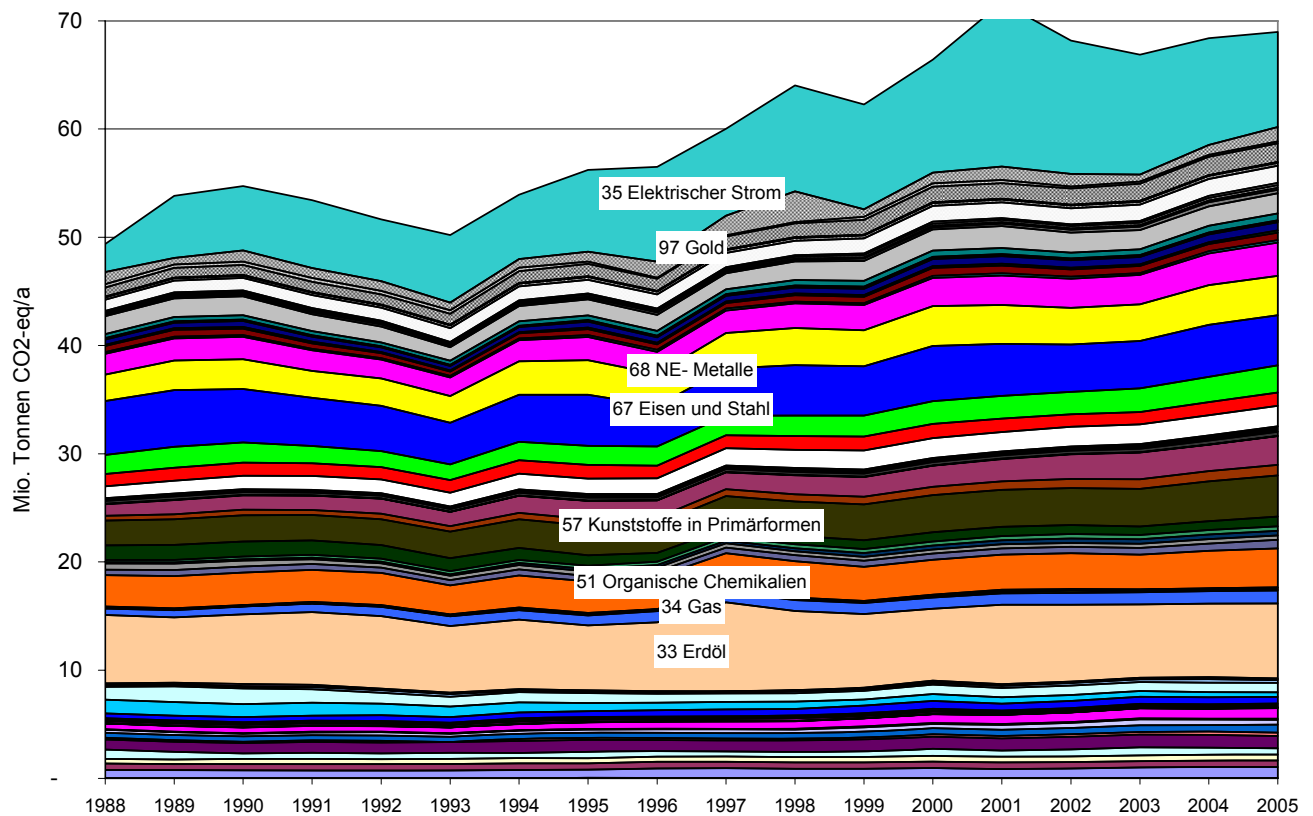
Quelle: Eigene Berechnungen.

Um den zeitlichen Verlauf der grauen Treibhausgas-Emissionen abzubilden, werden die berechneten Treibhausgas-Intensitäten mit der Jahresreihe der Aussenhandelsstatistik verknüpft. Abb. 13 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung. Von besonderer Relevanz sind Treibstoffe und der Stromimport. Über die Jahre gab es einen beinahe stetigen Anstieg der importierten Treibhausgase. Dieser Anstieg verläuft insgesamt parallel zum mengenmässigen Anstieg der Warenimporte.

Die besonders hohen Importe im Jahr 2001 beruhen auf aussergewöhnlichen Verhältnissen beim Stromhandel (vgl. Abschnitt 3.10.4 *Graue Treibhausgas-Emissionen des Stromhandels*). Relativ grosse Schwankungen gibt es auch in der Kategorie Gold (97). Hier sind auch kleine Schwankungen bei den importierten beziehungsweise exportierten Mengen sehr relevant. Dabei kann nicht erfasst werden, dass auch der tatsächliche Goldanteil der Importe in dieser Warengruppe im Zeitverlauf eventuell variiert. Der Goldanteil wurde nur für das Referenzjahr 2004 auf Grundlage der Wertangaben grob abgeschätzt.

**Abb. 13** > Jahresreihe der Importe von grauen Treibhausgas-Emissionen (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a).

Die grauen Treibhausgas-Emissionen sind aufgrund steigender Warenströme kontinuierlich angewachsen. Wichtige Sektoren wie z.B. Strom, Erdöl und Chemikalien sind beschriftet.





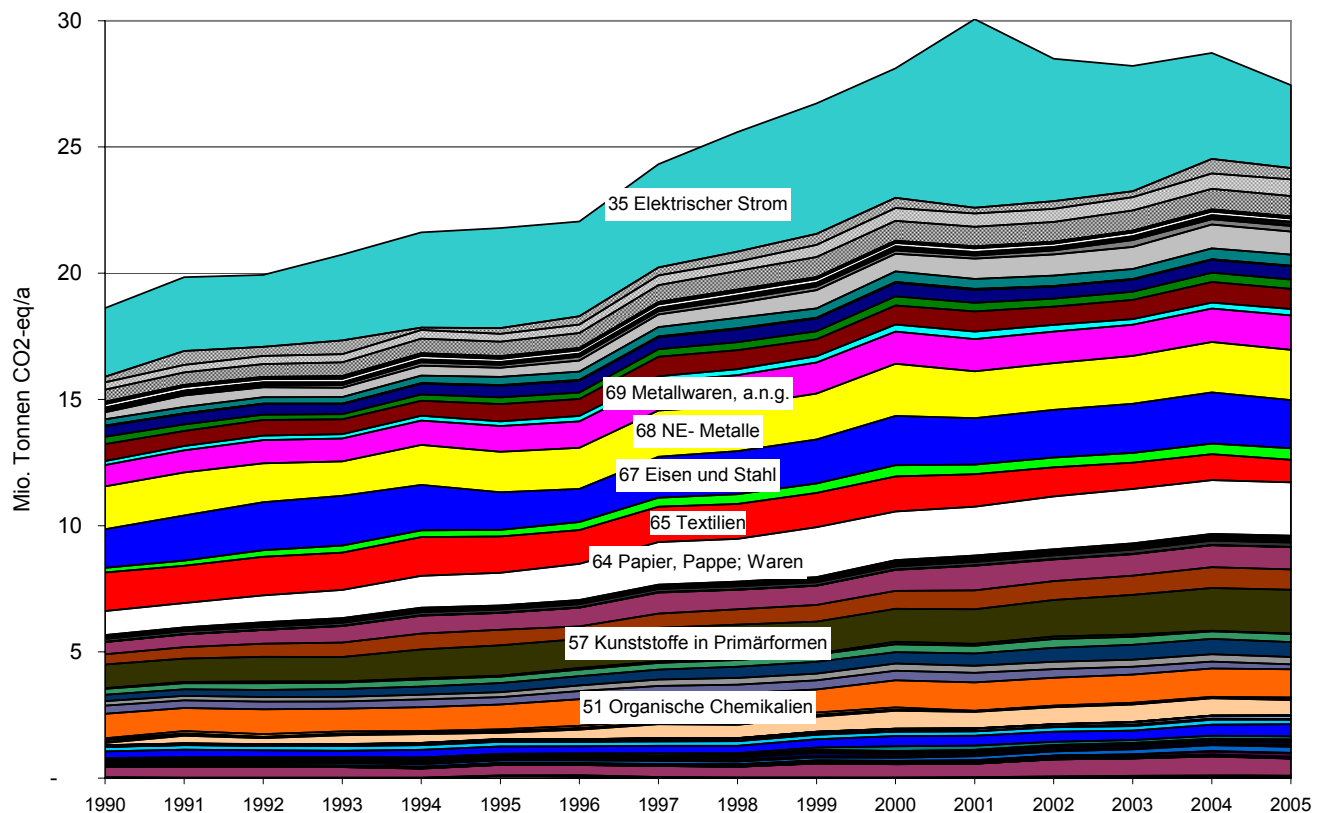
In dieser Zeitreihe bleibt eine eventuell sinkende Treibhausgas-Intensität bei der Produktion aufgrund effizienterer Herstellungsverfahren unberücksichtigt. Dies führt zu einer Unterschätzung der Werte für weiter zurückliegende Jahre.

Abb. 14 zeigt eine vergleichbare Darstellung für die Exporte von Treibhausgas-Emissionen mit dem Export von in der Schweiz hergestellten oder weiterverarbeiteten Waren.

Insgesamt ist die Menge der exportierten Treibhausgas-Emissionen immer deutlich geringer als die Importmenge. Auch bei den Exporten zeigt sich in den Jahren bis 2000 ein stetiges Wachstum der Warenmengen. Im Jahr 2001 gibt es infolge des Stromhandels (vgl. auch Abb. 10, Kap. 3.10.4) eine aussergewöhnlich hohe Spitze. Danach ist insbesondere beim Stromhandel eine Abnahme der exportierten Treibhausgas-Emissionen zu beobachten.

**Abb. 14** > Jahresreihe der Exporte von grauen Treibhausgas-Emissionen (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a).

*Die exportierten Treibhausgas-Emissionen sind über die Jahre ebenfalls deutlich gestiegen. Grössere Schwankungen gibt es beim Stromhandel sowie bei den Exporten von Gold (zweitoberste Reihe). Weitere wichtige Sektoren sind beschriftet.*



5.8 **Anteil der Transporte für die Bilanz der Warenströme**

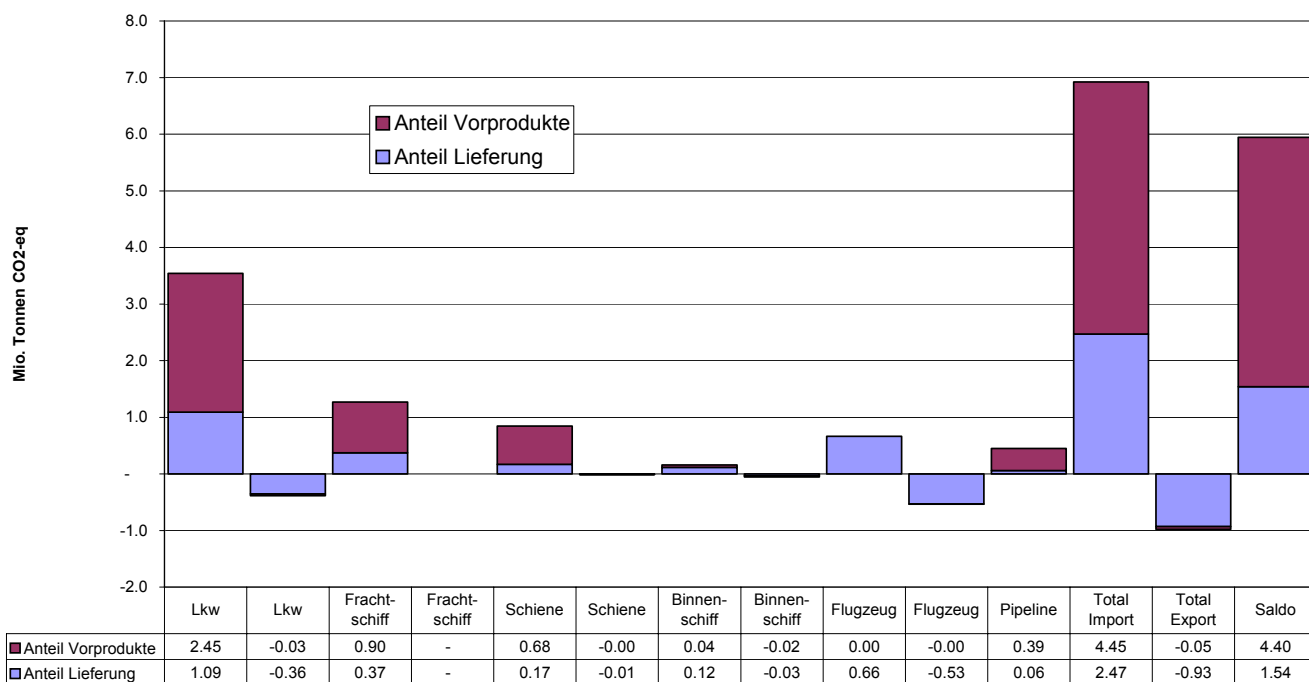
In Abb. 15 wird die Bedeutung der Warentransporte dargestellt. Zu unterscheiden sind die Transporte vom Herstellungsort in die Schweiz (Anteil Lieferung) und vorgelagerte Transporte z.B. für die Lieferung eines Vorproduktes zum ausländischen Hersteller.

Insgesamt werden durch die Lieferung von Waren in die Schweiz etwa 2.5 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq verursacht. Demgegenüber stehen Emissionen in Höhe von etwa 1 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq, die durch Exporte von Waren zu berücksichtigen sind.

Die Abschätzung der Transportkilometer für die Bahn-Warentransporte kommt zu tendenziell höheren Ergebnissen als die Abschätzung für Transporte auf Grundlage von Finanzdaten (vgl. Abb. 20, Kap. 6.3.2). Die Abschätzungen für Lufttransporte sind in etwa gleich hoch. Beide Berechnungsmethoden weisen dabei hohe spezifische Unsicherheiten auf. Bei den Finanzdaten sind evtl. nicht alle Transporte vom Hersteller bis in die Schweiz erfasst. Für die Berechnung in Abb. 15 muss die Kilometerleistung grob geschätzt werden.

**Abb. 15 > Graue Treibhausgas-Emissionen auf Grund von Transporten im Jahr 2004 (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a).**

Graue Emissionen durch Warentransporte sind vor allem auf Lkw-Fahrten zurückzuführen. Insgesamt sind Transporte, die bereits im Vorfeld der Produktion stattfinden, bedeutender als die direkten Transporte in die Schweiz. Der Gesamtanteil der Transporte an den Importen von grauen Treibhausgas-Emissionen beträgt gut 10%. Nur etwa 4% sind direkt auf die Fahrt in die Schweiz bzw. ins Ausland zurückzuführen. Exporte von grauen Emissionen sind mit negativen Werten dargestellt.



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

## 5.9

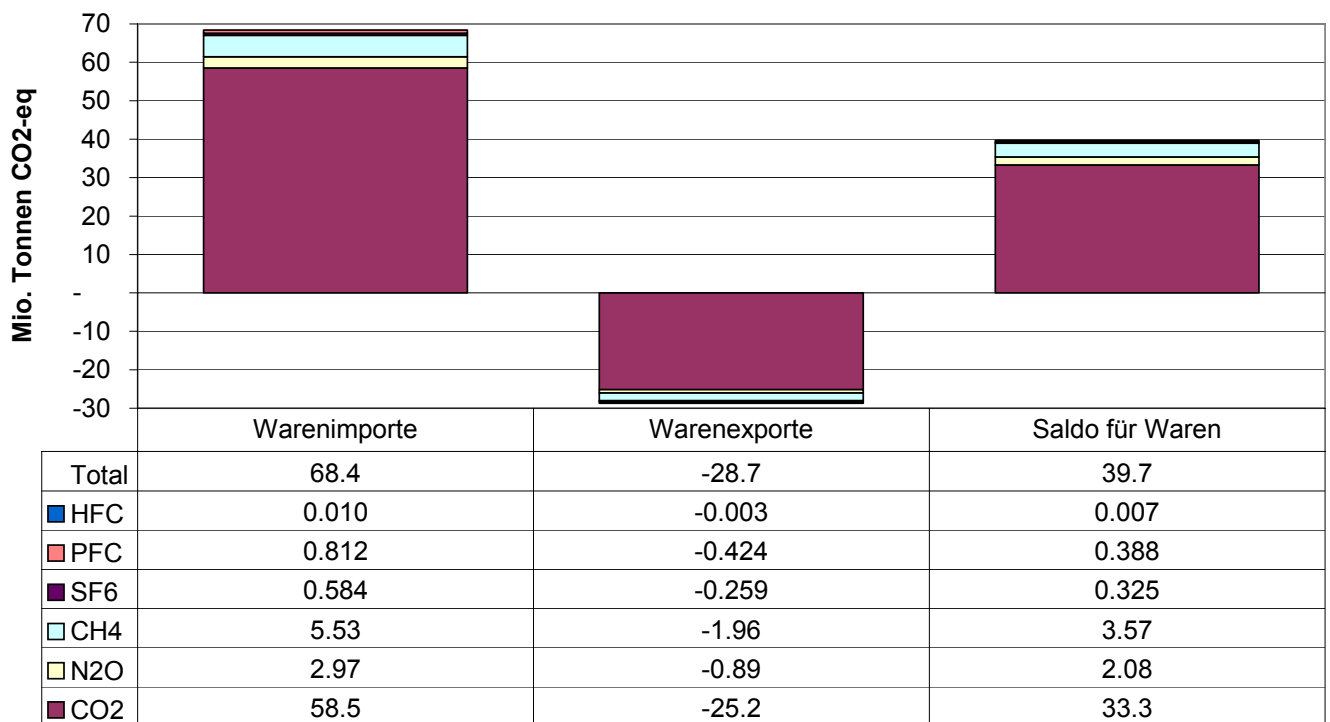
**Gesamtbilanz Warenhandel**

Abb. 16 zeigt die Gesamtbilanz der grauen Treibhausgas-Emissionen für den Warenhandel im Jahr 2004. Die Berücksichtigung der grauen Treibhausgas-Emissionen durch Importe und Exporte von Waren führt zu einer deutlichen Erhöhung der in der Schweiz emittierten Treibhausgase.

Der Saldo der grauen Emissionen beträgt etwa 75% der direkt in der Schweiz verursachten Treibhausgas-Emissionen.

**Abb. 16** > Gesamtbilanz der Importe und Exporte von grauen Treibhausgas-Emissionen (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a) für das Jahr 2004.

In der Gesamtbilanz der Warenströme betragen die importierten grauen Treibhausgas-Emissionen etwa 68 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. Demgegenüber stehen Exporte in der Grössenordnung von etwa 29 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. Insgesamt beträgt der Nettoimport von grauen Treibhausgas-Emissionen durch den Strom- und Warenhandel im Jahr 2004 somit etwa 40 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. Das wichtigste Treibhausgas ist CO<sub>2</sub>. Methan- und Lachgasemissionen werden vor allem durch landwirtschaftliche Produkte verursacht.

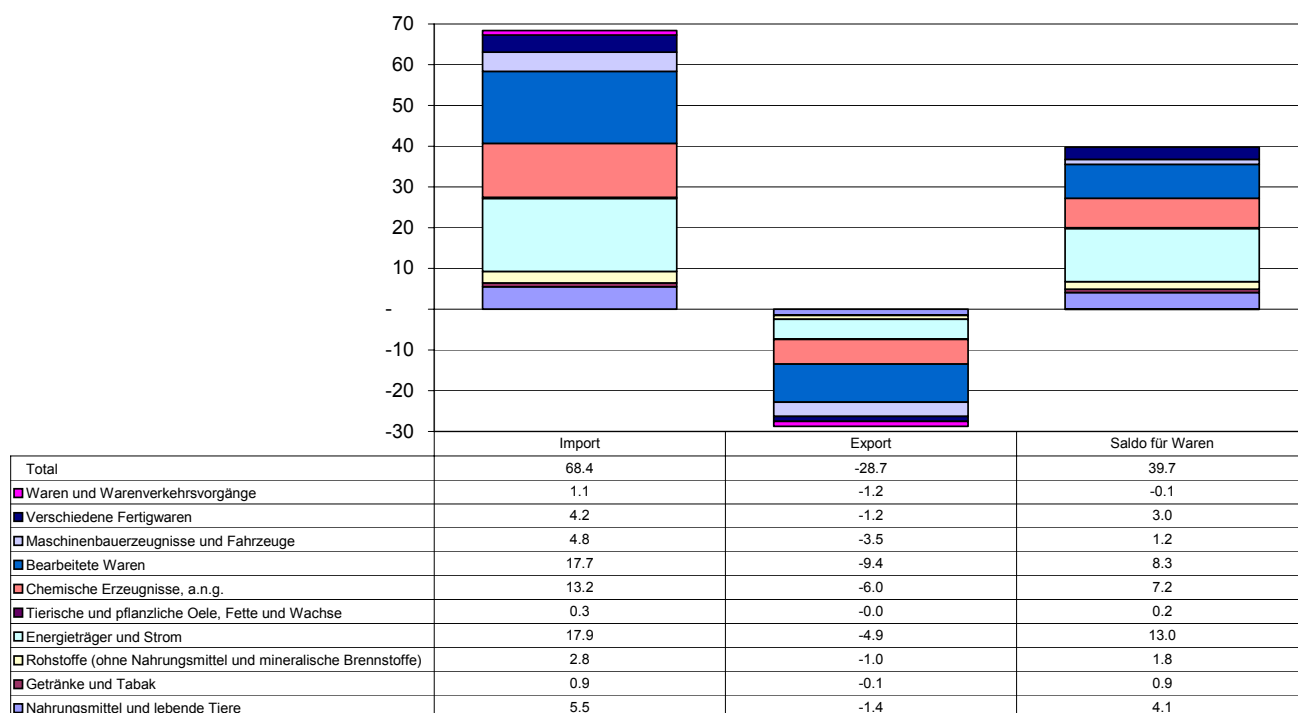


Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

In Abb. 17 wird diese Bilanz hinsichtlich der verursachenden Hauptwarengruppen ausgewertet. Die wichtigsten Warengruppen im Saldo sind der Energiesektor, bearbeitete Waren und Chemische Erzeugnisse. Nur für die Warengruppe «Waren und Warenverkehrsvorgänge» gibt es im Saldo einen bescheidenen Export zu verzeichnen, insbesondere durch die Warengruppe Gold.

**Abb. 17 > Gesamtbilanz der Importe und Exporte von grauen Treibhausgas-Emissionen nach Hauptwarengruppen (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a) für das Jahr 2004.**

In der Gesamtbilanz der Warenströme betragen die importierten grauen Treibhausgas-Emissionen etwa 68 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. Demgegenüber stehen Exporte in einer Grössenordnung von etwa 29 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. Insgesamt beträgt der Nettoimport von grauen Treibhausgas-Emissionen durch den Strom- und Warenhandel im Jahr 2004 somit etwa 40 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. Die wichtigsten Warengruppen im Saldo sind der Energiesektor, bearbeitete Waren und Chemische Erzeugnisse.

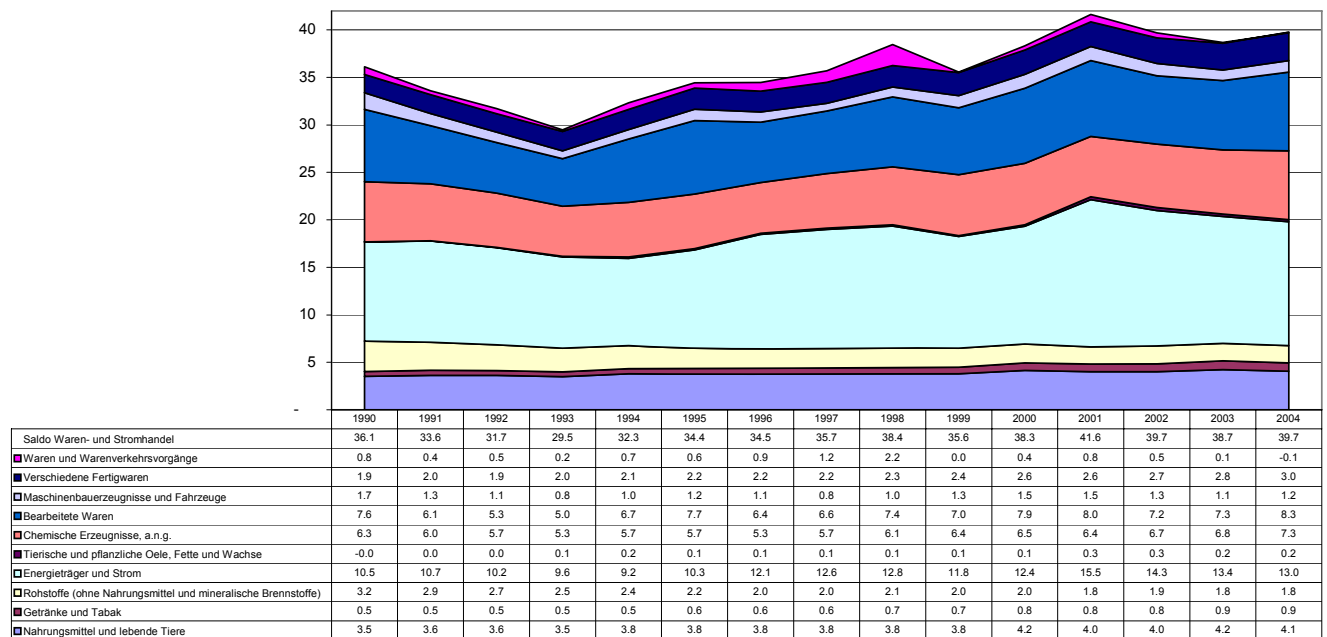


Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

In Abb. 18 wird die Entwicklung des Saldos über die betrachtete Zeitreihe aufgezeigt. Anfang der 90er Jahre gab es einen Rückgang vor allem bei den bearbeiteten Waren. Seit 1993 nehmen die grauen Treibhausgas-Emissionen durch den Warenhandel tendenziell zu. Der Saldo der importierten grauen Emissionen ist von etwa 30 Mio. Tonnen auf 39.7 Mio. Tonnen im Jahr 2004 angestiegen. Schwankungen zwischen den einzelnen Jahren werden vor allem durch Veränderungen beim Stromhandel verursacht.

**Abb. 18** > Entwicklung des Saldos der grauen Treibhausgas-Emissionen nach Hauptwarengruppen (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a).

Die wichtigsten Warengruppen im Saldo sind der Energiesektor, bearbeitete Waren und Chemische Erzeugnisse. Schwankungen in der Jahresreihe werden vor allem durch die Warengruppe «Energieträger und Strom» verursacht. Auch bei der Gruppe «Waren und Warenverkehrsvorgänge» gibt es stärkere Schwankungen vor allem durch Veränderungen im Handel mit Gold. Der Saldo der Warengruppe «Rohstoffe» ist eher zurückgegangen.



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

## 5.10

**Quervergleich mit der Detailbilanz des Energiesektors**

Die Bilanz des Energiesektors wird in diesem Kapitel mit einer Reihe von Vereinfachungen durchgeführt. So wird z.B. nur ein Referenzjahr betrachtet. Trotzdem sind die Ergebnisse im Vergleich mit der detaillierten Analyse in Kapitel 3 *Graue Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors* sehr ähnlich.

**Tab. 33** > Vergleich der Warenbilanz mit der Detailanalyse des Energiesektors (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a).

Die Ergebnisse für den Warenhandel in der Gruppe «Energieträger und Strom» können direkt mit den Ergebnissen der Detailanalyse in Abb. 4 verglichen werden. Dabei zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung der untersuchten Jahre. Die Ergebnisse der Gesamtbilanz werden also durch die kleinen Unterschiede nicht wesentlich beeinträchtigt.

	1990	1998	2004
Energieträger und Strom	10.5	12.8	13.0
Saldo gemäss Detailanalyse	10.6	12.5	12.9

Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

## 6 > Graue Treibhausgas-Emissionen: Dienstleistungen

---

*Dieses Kapitel enthält eine Abschätzung der grauen Treibhausgas-Emissionen im Dienstleistungsbereich. Es werden die wichtigsten Kategorien (Flugtransport, Beherbergung & Gaststätten, Banken & Versicherungen sowie Landtransport) berücksichtigt. Es zeigt sich, dass insbesondere über Flugtransportdienstleistungen relevante Mengen grauer Treibhausgase importiert und exportiert werden.*

---

### 6.1 Flugtransporte

#### 6.1.1 Nachgefragte Menge Flugtransportdienstleistung

Die Flugtransportdienstleistungen ab und nach Schweizer Flughäfen sind in BAZL (2005) ausgewiesen. Der Frachtverkehr wird darin nur über den Kerosinverbrauch ausgewiesen, weshalb die Tonnen-Kilometer Frachttransporte aus dieser Zahl geschätzt werden müssen (Tab. 34).

Tab. 35 zeigt die Nachfrage nach Transportdienstleistungen pro Flughafen sowie die für diese Studie erforderliche Aufteilung in inländische und ausländische Nachfrage.

Die Zahlen in BAZL (2005) geben ein unvollständiges Abbild der tatsächlichen Flugleistung. Da sie gemäss Flugplan erhoben werden, ist die Reise eines Passagiers nur bis zum Endziel des in der Schweiz bestiegenen Flugzeugs erfasst. Allfällige Anschlussflüge eines Passagiers werden dadurch nicht berücksichtigt, ebenso wenig weitere zusätzliche Flüge im Ausland. Um diese Unterschätzung der Transportleistung im Passagierverkehr zu kompensieren, wird ein Faktor von 1.5 angenommen (Schätzung in Y. Kaufmann et al. 2000), welcher diese zusätzlichen Flüge widerspiegeln soll (Spalte 5 in Tab. 35). Die Inländer fragten somit rund 29 Mia. pkm Flugtransportleistungen im Jahr 2004 nach (Spalte 8 in Tab. 35).

Beim Frachtverkehr wird mangels Grundlagen auf einen Faktor verzichtet, der zusätzliche Transportleistungen im Ausland berücksichtigen würde. Ausserdem wird angenommen, dass 50% des Frachtverkehrs Importe und 50% Exporte sind. Daraus folgt für die Inländer eine Frachttransportleistung von 775.5 tkm gemäss Tab. 34.

**Tab. 34 > Flugtransportdienstleistung ab und nach Schweizer Flughäfen für das Jahr 2004.**

	Passagierverkehr <sup>a)</sup>		Frachtverkehr <sup>b)</sup>	
	Mio. pkm	%	Mio. tkm	%
Europa	20'293	38 %	90	5.8 %
Afrika	5'145	10 %	187	12 %
Asien	14'618	27 %	621	40 %
Nordamerika	11'516	21 %	577	37 %
Zentralamerika	771	1.4 %	1.2	0.1 %
Südamerika	1'253	2 %	73	5 %
<b>Total</b>	<b>53'594</b>	<b>100 %</b>	<b>1'549</b>	<b>100 %</b>

<sup>a)</sup> gemäss BAZL (2005)

<sup>b)</sup> Berechnet aus Kerosinverbrauch gemäss BAZL (2005) mit folgenden Annahmen: 0.62l/tkm für Europa-Flüge 0.4l/tkm für übrige Destinationen

**Tab. 35 > Von In- sowie Ausländern nachgefragte Flugverkehrsdienstleistung ab und nach Schweizer Flughäfen im 2004.**

Spalte (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Flughafen	Linienflugverkehr  Hin- und Rückflug Mio. Pkm/a	Charterflugverkehr  Hin- und Rückflug Mio. Pkm/a	Total Linien- und Charterflugverkehr  (2)+(3) Mio. Pkm/a	Im Ausland nachgefragte (Anschluss-) Flüge  Mio. Pkm/a	Total Flugverkehr  (4)+(5) Mio. Pkm/a	Anteil Inlandflugverkehr (Reise-start/-ziel Schweiz)  60 % von (6) Mio. Pkm/a	Anteil Inländerverkehr  60 % von (7) Mio. Pkm/a	Anteil Ausländerverkehr (inkl. Transferpassagiere)  (6)-(7) Mio. Pkm/a
Genf	7'909	912	8'821	4'411	13'232	7'939	4'763	8'468
Sion	2	3	5	3	8	5	2.7	4.8
Lugano	16	0	16	8	24	14	8.6	15.4
Bern	68	13	81	41	122	73	44	78
Zürich	37'140	4'952	42'092	21'046	63'138	37'883	22'730	40'408
Basel	1'401	1'126	2'527	1'264	3'791	2'274	1'365	2'426
St. Gallen	50	3	53	27	80	48	29	51
<b>Total</b>	<b>46'586</b>	<b>7'009</b>	<b>53'595</b>	<b>26'798</b>	<b>80'393</b>	<b>48'236</b>	<b>28'941</b>	<b>51'451</b>

(2)/(3) Zahlen für 2004 gemäss BAZL (2005)

(5) Faktor 0.5 bezüglich (4) gemäss Schätzung von R. Meier in Kaufmann et al. (2000)

(7)/(8) gemäss Schätzungen von R. Meier in Kaufmann et al. (2000)

(7) Gesamtpassagiere ohne Transferpassagiere (entspricht Passagiere mit Reisede-start oder Reiseziel Schweizer Flughafen, Inländer + Ausländer)

### 6.1.2 Treibhausgas-Emissionen der Bereitstellung von Flugtransportdienstleistungen

Die Emissionsfaktoren (Tab. 36) sind stark abhängig von der Auslastung der Flugzeuge. So hat sich die Auslastung der Swiss Flugzeuge für den Passagiertransport zwischen 2000 und 2004 von 53 % auf 75 % sowie beim Frachttransport von 53 % auf 63 % verbessert. Ausgangspunkt für die Berechnung der direkten Emissionen des Passagiertransports sind die Verbrauchsdaten des BAZL (BAZL 2005). Die indirekten Emissionen sowie die Emissionen des Frachttransports basieren auf Daten der ecoinvent Datenbank (ecoinvent Centre 2006). Es wird davon ausgegangen, dass die auf diese Weise hergeleiteten Zahlen für Flüge von und nach schweizerischen Flughäfen typisch und vereinfachender Weise auch auf die Anschluss- sowie ausserschweizerischen Flüge anwendbar sind.

**Tab. 36 > Durchschnittliche Emissionsfaktoren für Passagier- und Frachttransportleistungen ab und nach Schweizer Flughäfen.**

	Passagiertransport (g/pkm)	Frachttransport (g/tkm)
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	179	1'110
CH <sub>4</sub> Methan	0.15	0.63
N <sub>2</sub> O Lachgas	0.0024	0.0124
HFC Fluorierte KWs	1.26E-06	5.36E-06
PFC Perfluorierte KWs	7.71E-06	1.49E-05
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	4.61E-06	7.65E-06
<b>Total CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>183</b>	<b>1'129</b>
<i>Kerosinverbrauch</i>	38.4	298

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH, basierend auf den Emissionsfaktoren in Spielmann et al. (2004) und dem Kerosinverbrauch gemäss BAZL (2005)

### 6.1.3 Treibhausgas-Emissionen der Flugtransportdienstleistungen

Die Inländer verursachen mit ihren nachgefragten Flugtransporten nur rund 20 % ihrer Treibhausgas-Emissionen im Inland (weisse Emissionen). Die übrigen 80 % sind Vorleistungen aus der Kerosinbereitstellung, bzw. Flüge im Ausland sowie die Rückflüge in die Schweiz.

Gut 80 % der Treibhauswirkung eines Flugtransportes stammen direkt aus der Verbrennung des Kerosins im Flugzeug. Die restlichen rund 20 % sind vor allem auf die Vorleistungen der Kerosinbereitstellung und Unterhaltsarbeiten zurückzuführen. Die Emissionen der Vorleistungen werden als ganzes den grauen Treibhausgasen zugewiesen. Es ist jedoch zu erwarten, dass ein gewisser Teil davon in der Schweiz, also als weisse Emissionen, anfällt, bzw. angefallen ist. Dieser Aspekt kann nicht detailliert modelliert werden. Daher sind die weissen Treibhausgas-Emissionen in Tab. 37 in geringem Masse unter- und die grauen Emissionen im identischen Ausmass überschätzt.



**Tab. 37 > Treibhausgas-Emissionen des Flugtransports von Inländern für das Jahr 2004.**

Die in der Schweiz wohnhaften Personen (Inländer) verursachen mit ihren Flügen, die unter «Gesamte Treibhausgas-Emissionen» dargestellten Mengen an Treibhausgasen. Dieses Total besteht einerseits aus den weissen Emissionen, die hauptsächlich aus dem Kerosinverbrauch der Hinflüge ab Schweizer Flughäfen stammen. Die grauen Emissionen hingegen umfassen den Kerosinverbrauch des Rückflugs sowie im Ausland stattfindende Vorleistungen wie Flugzeugherstellung und Infrastruktur des ausländischen Flughafens.

Inländerprinzip 1000 t	Gesamte Treibhausgas-Emissionen			Weisse Treibhausgas-Emissionen			Graue Treibhausgas-Emissionen (= Import)		
	Passagier- verkehr	Frachtver- kehr	Total	Passagier- verkehr	Frachtver- kehr	Total	Passagier- verkehr	Frachtver- kehr	Total
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	5'181	860	6'041	1'170	0	1'170	4'011	860	4'871
CH <sub>4</sub> Methan	4.35	0.49	4.84	0.019	0	0.019	4.33	0.49	4.82
N <sub>2</sub> O Lachgas	0.069	0.010	0.079	0.011	0	0.011	0.058	0.010	0.068
HFC Fluorierte KWs	3.64E-05	4.15E-06	4.05E-05	0	0	0	3.64E-05	4.15E-06	4.05E-05
PFC Perfluorierte KWs	2.23E-04	1.15E-05	2.35E-04	0	0	0	2.23E-04	1.15E-05	2.35E-04
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.34E-04	5.93E-06	1.39E-04	0	0	0	1.34E-04	5.93E-06	1.39E-04
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>5'305</b>	<b>875</b>	<b>6'180</b>	<b>1'173</b>		<b>1'173</b>	<b>4'132</b>	<b>875</b>	<b>5'007</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

Da geschätzte zwei Drittel<sup>11</sup> des Verkehrs auf Schweizer Flughäfen von Ausländern verursacht werden (Schweizbesucher und Transferpassagiere<sup>12</sup>), resultiert ein Export von Treibhausgasen (Tab. 38), welcher deutlich grösser ausfällt als die durch Flugtransporte verursachten weissen Treibhausgas-Emissionen.

**Tab. 38 > Export von Treibhausgasen durch Flugtransportleistungen für Ausländer im Jahr 2004.**

Die nicht in der Schweiz wohnhaften Personen (Ausländer) verursachen mit ihren Flügen, die unter Total dargestellte Menge an Treibhausgasen. Dieses Total umfasst die der Schweiz zugerechneten Mengen an Treibhausgasen, die jedoch von Ausländern ab Schweizer Flughäfen stammen. Die Hauptquelle der Treibhausgas-Emissionen ist die für den Flug verbrauchte Kerosinmenge, jedoch stammt auch ein kleiner Anteil aus Vorleistungen.

1000 t	Export von Treibhausgasen		
	Passagierverkehr	Frachtverkehr	Total
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	3'070	860	3'930
CH <sub>4</sub> Methan	2.577	0.491	3.068
N <sub>2</sub> O Lachgas	0.041	0.010	0.051
HFC Fluorierte KWs	2.16E-05	4.15E-06	2.57E-05
PFC Perfluorierte KWs	1.32E-04	1.15E-05	1.44E-04
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	7.91E-05	5.93E-06	8.51E-05
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>3'144</b>	<b>875</b>	<b>4'018</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

<sup>11</sup> Diese Zahl ist die Folge aus den in Tab. 35 verwendeten Annahmen für Inlandflugverkehr (60 %) und dem Inländeranteil (60 %): 60 % · 60 % = 36 % Inländeranteil → 64 % Ausländer.

<sup>12</sup> Der Anteil der Transitpassagiere ist vernachlässigbar klein (siehe auch Tab. 26).

Als Bunkeremissionen werden im Treibhausgas-Inventar für das Jahr 2004 mit 3515 tsd. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. angegeben. Diese Menge entspricht den weissen Emissionen gemäss Tab. 37 plus exportierte Treibhausgase gemäss Tab. 38, woraus 3989 tsd. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. resultieren. Die Abweichung von rund 13 % kann zu einem guten Teil mit Tanktourismus erklärt werden. Tanktourismus ist eine Methode um Treibstoffkosten zu senken, indem in Ländern mit tieferen Kerosinpreisen eher grosszügig getankt wird, um dann in Ländern mit höheren Preisen – wie z.B. der Schweiz – weniger tanken zu müssen.

## 6.2 Beherbergung und Gaststätten, Landtransport, Finanzdienstleistungen

### 6.2.1 Nachgefragte Dienstleistungen

Die Zahlungsbilanz, die von der Schweizerischen Nationalbank veröffentlicht wird, enthält Angaben zu Dienstleistungen. Die Unterteilung der Zahlungsbilanz deckt sich jedoch nicht mit den NOGA-Kategorien. Die Zuordnung der Zahlungsbilanz 2001 auf die NOGA-Kategorien liegt für das Jahr 2001 vor und wird übernommen (siehe Tab. 39).<sup>13</sup>

Import- und Exportzahlen zu Landtransporten liegen nicht als eigene Kategorie vor. Sie müssen aus der Kategorie Land-, Wasser- und Flugtransport (NOGA 60–62) abgeschätzt werden. Der Anteil des Flugtransports an der Bruttowertschöpfung kann aus den Angaben in der NAMEA-Statistik (Füssler et al. 2005) und SIAA (2003) eruiert werden und beläuft sich auf rund 30 %. Unter der Annahme, dass der Wassertransport in der Schweiz keinen wesentlichen Beitrag leistet, beträgt der Anteil des Landtransports an der Summe rund 70 %. Dieser Anteil wird verwendet, um aus den Import- und Exportzahlen für die NOGA-Kategorie 60–62 die Ausgaben für den Landtransport abzuschätzen.

**Tab. 39 > Ausgaben für Dienstleistungen von Inländern im Ausland (Import) und von Ausländern in der Schweiz (Export) für das Jahr 2001.**

NOGA	Kategoriebezeichnung	Import Mio. CHF	Export Mio. CHF	Saldo Mio. CHF
55	Beherbergung & Gaststätten	5'556	5'665	109
60	Landtransport	1'178	2'357	1'179
65–67	Banken & Versicherungen	1'680	20'152	18'472

Quelle: Persönliche Mitteilungen C. Nathani (ETH) vom 16.6.2006 und eigene Abschätzungen zu Landtransport.

<sup>13</sup> Die Daten wurden von C. Nathani (ETH) zur Verfügung gestellt (persönliche Mitteilung vom 16.6.2006).

## 6.2.2 Herleitung der Emissionsfaktoren

Für den Bereich *Landtransport* (NOGA-Kategorie 60) stehen umfassende Ökobilanzdaten zu Schienen- und Strassentransporten zur Verfügung (ecoinvent Centre 2006). Es sind Passagiertransport sowie Güterfracht berücksichtigt, wobei in der Gesamtbilanz (siehe Kap. 7 *Ergebnisse Gesamtbilanz Schweiz*) die Frachttransporte bei den einzelnen Warengruppen bereits enthalten sind.

Ausser beim Landtransport werden für die Abschätzung der Treibhausgas-Emissionen der Dienstleistungen vereinfachte Firmenbilanzen verwendet. Diese berücksichtigen typischerweise den Energiebedarf (Strom und Wärme), die Entsorgung von Abfällen sowie den Verbrauch von Trinkwasser und dessen Behandlung in Kläranlagen. Nicht berücksichtigt ist die Infrastruktur wie Gebäude, Einrichtungsgegenstände, elektronische Gerätschaften und Ähnliches. Daher ist es wahrscheinlich, dass die Emissionsfaktoren für *Beherbergung & Gaststätten* sowie *Banken & Versicherungen* eher unterschätzt werden.

Bei *Beherbergung & Gaststätten* (NOGA-Kategorie 55) wird auf den Nachhaltigkeitsbericht eines schweizerischen Hotels abgestellt (Ucliva 2006). Da es sich dabei um ein ökologisch geführtes Hotel handelt, wird der Emissionsfaktor wahrscheinlich zusätzlich unterschätzt. Zudem ist zu vermuten, dass eingekaufte Dienstleistungen, wie z.B. Wäschereidienstleistungen, ebenfalls relevant sein dürften, hier jedoch nicht berücksichtigt werden könnten.

Die Kategorie *Beherbergung & Gaststätten* umfasst nur einen Teil des Tourismussektors. Der Tourismusverkehr ist bereits unter Land- bzw. Lufttransport berücksichtigt. Die Ausgaben von Touristen für Waren wie z.B. Kleider, Schokolade und Souvenirs sind Bestandteil der – in dieser Studie unberücksichtigten – NOGA-Kategorie 52 (*Detailhandel*) ebenso die Freizeitaktivitäten wie z.B. Thermalbadbesuche, Skifahren und Museumsbesuche, die unter die Kategorie 92 (*Kultur, Sport und Unterhaltung*) fallen. Dasselbe gilt auch für analoge Dienstleistungen im Ausland (wie beispielsweise Europapark, Casinos in Las Vegas).

Die Daten zu *Banken & Versicherungen* (NOGA-Kategorien 65–67) basieren beim Bankenteil auf dem Nachhaltigkeitsbericht der Credit Suisse Group (Credit Suisse Group 2006), und für den Versicherungsteil werden Daten der SwissRe (Schweizerische Rückversicherungs-Gesellschaft 2005) verwendet. Die getätigten Geschäftsflüge sind bereits unter Flugtransporte (Unterkap. 6.1 *Flugtransporte*) berücksichtigt und werden deshalb hier nicht nochmals verbucht, um eine Doppelzählung zu vermeiden. Mit Berücksichtigung der Flugtransporte würden die Emissionen (und Emissionsfaktoren) rund einen Drittel höher ausfallen.

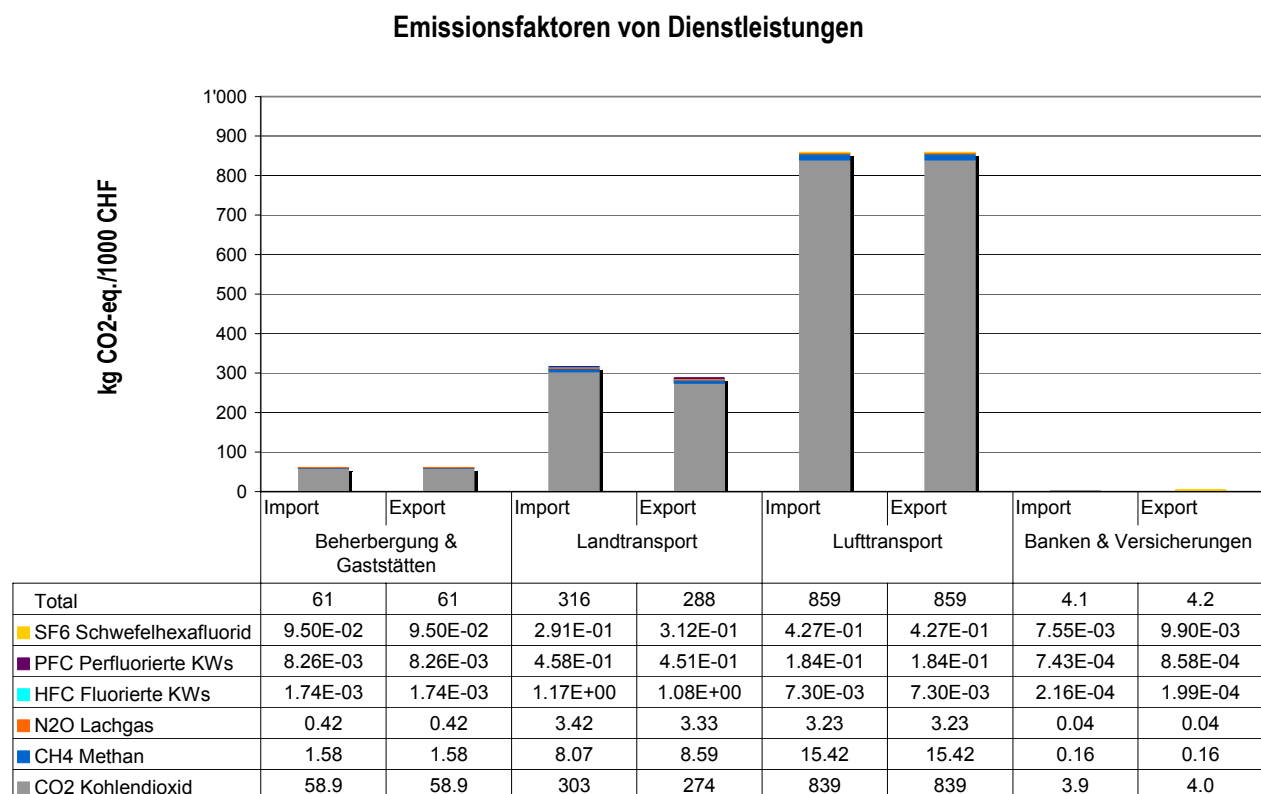
Es wird davon ausgegangen, dass die hergeleiteten Emissionsfaktoren für importierte Dienstleistungen genauso gültig sind wie für exportierte (ausser beim Landtransport, wo die Datenlage diese Unterscheidung erlaubt).

## 6.3 Treibhausgas-Emissionen der Dienstleistungen

### 6.3.1 Emissionsfaktoren

Die Emissionsfaktoren sind erwartungsgemäss im Verkehrsbereich und insbesondere im Flugtransportwesen am höchsten (Abb. 19). Der Unterschied bei den Landtransporten zwischen Export – also in der Schweiz für Ausländer erbrachte Dienstleistungen – und Import ist erkennbar. Dies ist die Folge der sehr geringen Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Schienenverkehrs im Vergleich zum ausländischen. Beim Strassenverkehr ist dieser Unterschied nur gering. Bei den Beherbergungen und Gaststätten sowie beim Lufttransport werden identische Emissionsfaktoren für Im- und Export verwendet. Der kleine Unterschied bei Banken & Versicherungen rührt von leicht unterschiedlichen Anteilen an Bank- und Versicherungsdienstleistungen am Import bzw. Export her.

Abb. 19 > Emissionsfaktoren für Dienstleistungen in kg CO<sub>2</sub>-eq./1'000 CHF, aufgeschlüsselt nach Import und Export.

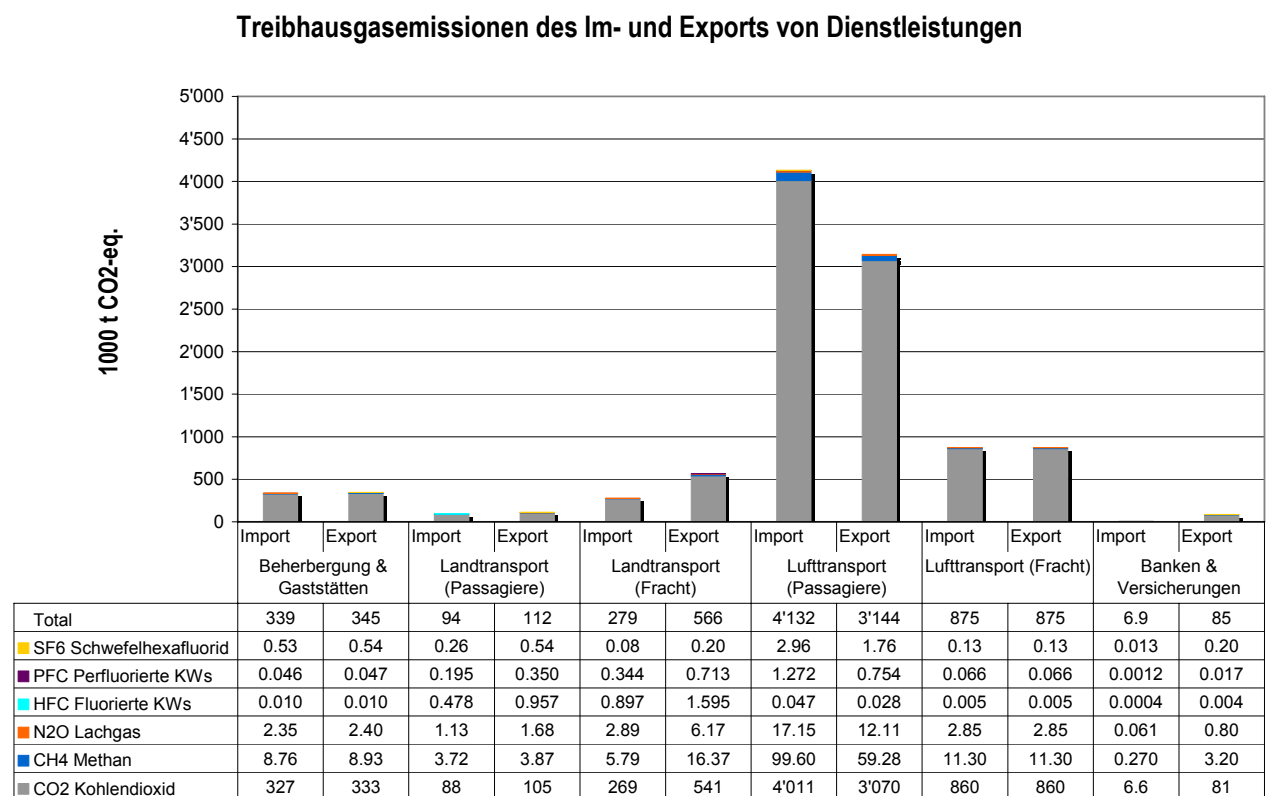


Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

### 6.3.2 Treibhausgas-Emissionen der Dienstleistungsimporte und -exporte

*Lufttransport* ist diejenige Dienstleistung mit den höchsten Mengen importierter und exportierter Treibhausgase. Es wird etwas mehr importiert als exportiert. Bei *Beherbergung & Gaststätten* halten sich die im- und exportierten Treibhausgase praktisch die Waage. Nicht so bei *Landtransport* und – noch ausgeprägter – bei *Banken & Versicherungen*, wo die Exporte von Treibhausgasen deutlich über den Importen liegen (siehe Abb. 20). Bei *Banken & Versicherungen* spiegelt sich darin die wirtschaftliche Bedeutung des Exports schweizerischer Finanzdienstleistungen. Beim *Landtransport*-Import sind hier nur die direkt von Schweizern im Ausland bezogenen Transportdienstleistungen enthalten. Indirekte Transporte, die z.B. in der weiteren Vorkette eines gekauften Produktes anfallen, sind darin nicht enthalten. Eine Abschätzung zu diesem Aspekt findet sich bei der Bilanzierung der Waren (Unterkap. 5.8 *Anteil der Transporte für die Bilanz der Warenströme*, Abb. 15).

Abb. 20 > Treibhausgas-Emissionen, die durch den Im- und Export von Dienstleistungen verursacht werden (Situation von 2001).



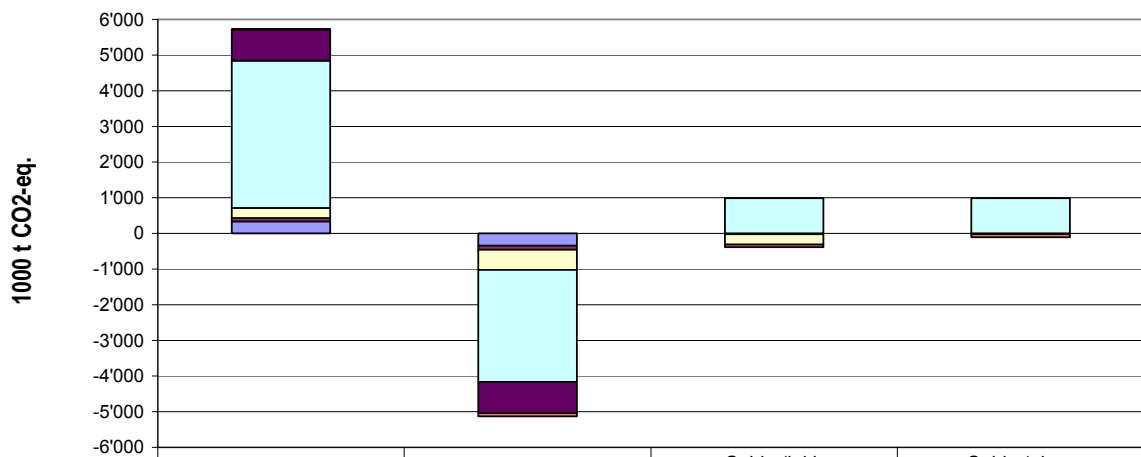
Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

Da die Frachttransporte in der Bilanzierung der Waren bereits enthalten sind, werden dessen Beiträge gemäss der Dienstleistungsbilanz in Abb. 20 separat ausgewiesen. Die in der schweizerischen Gesamtbilanz ausgewiesenen Dienstleistungen enthalten diese Frachttransporte nicht mehr, um eine Doppelzählung zu vermeiden (siehe Kap. 7 *Ergebnisse Gesamtbilanz Schweiz*).

Im Saldo (Abb. 21) ergibt sich für die Schweiz ein Importüberschuss in der Höhe von knapp 1 Mio. Tonne CO<sub>2</sub>-eq, der zum grössten Teil auf den Lufttransport zurückgeführt werden kann.

Abb. 21 > Treibhausgas-Emissionen des Im- und Exports von Dienstleistungen sowie der schweizerische Saldo (Situation von 2001).

### Treibhausgasemissionen des Im- und Exports von Dienstleistungen



	Import	Export	Saldo (inkl. Frachttransporte)	Saldo (ohne Frachttransporte)
Total	5'725	-5'127	598	885
Banken & Versicherungen	6.9	-85.4	-78	-78
Lufttransport (Fracht)	875	-875	0	
Lufttransport (Passagiere)	4'132	-3'144	988	988
Landtransport (Fracht)	279	-566	-287	
Landtransport (Passagiere)	94	-112	-18	-18
Beherbergung & Gaststätten	339	-345	-7	-7

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

### 6.3.3 Datenqualität

Die Datenlage für die Herleitung der Emissionsfaktoren ist bei *Beherbergung & Gaststätten* sowie bei *Banken & Versicherungen* sehr unsicher. Einerseits beruhen die Faktoren auf wenigen Unternehmen und andererseits sind nur die in den Umweltberichten aufgeführten Aspekte berücksichtigt. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass Unternehmen mit Umwelt- bzw. Nachhaltigkeitsberichten bei den Umweltauswirkungen eher überdurchschnittlich gut abschneiden. Das führt mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Unterschätzung der Emissionsfaktoren für diese beiden Kategorien.

Weiterhin wird angenommen, dass die Emissionsfaktoren für Importe und Exporte (ausser beim Landtransport) identisch sind. Da sich gewisse Aspekte gegenseitig aufheben können, ist eine Aussage zu Über- oder Unterschätzung nicht möglich. So müssen z.B. die schweizerischen Hotels und Geschäftsbauten zwar beheizt werden. In südlicheren Ländern ist demgegenüber eine Klimatisierung der Räume üblich.

Beim Flugverkehr ist der Unterschied zwischen den beiden Emissionsfaktoren wahrscheinlich vernachlässigbar, da sich die Flugzeugflotten der grossen Fluggesellschaften nicht wesentlich unterscheiden. Einen grösseren Einfluss dürfte eine möglicherweise unterschiedliche Auslastungsquote der Flugzeuge haben.

## 7 > Ergebnisse Gesamtbilanz Schweiz

*In diesem Kapitel wird die Gesamtbilanz der Treibhausgas-Emissionen auf Grund des Schweizer Konsums dargestellt. Diese berechnet sich aus den direkten Emissionen plus dem Saldo der grauen Emissionen des Handels mit Waren sowie der Dienstleistungen. Die gesamten Treibhausgas-Emissionen im Jahr 2004 betragen etwa 93.6 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq bzw. 12.5 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Kopf (79.6 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> bzw. 10.7 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf).*

### 7.1 Gesamtbilanz

Zusätzlich zu den im Jahr 2004 gemäss nationalem Treibhausgas-Inventar emittierten weissen Emissionen in der Höhe von 53 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq werden durch Warenimporte und -exporte netto rund 39.7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq (Abb. 16, Kap. 5.9) und durch Dienstleistungsimporte und -exporte 885'000 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq graue Emissionen importiert (Abb. 21, Kap. 6.3.2). Die Summe aus weissen und grauen Treibhausgas-Emissionen beträgt demzufolge 93.6 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq (Abb. 22).

Durch den Stromexport können die Importländer ihre Treibhausgas-Bilanz durch «transferred benefits» um knapp 17 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq verbessern, unter der Annahme, dass sie ihre zumeist CO<sub>2</sub>-intensivere Strombereitstellung durch die Importe substituieren.

Der Saldo der grauen Emissionen beträgt somit etwa 78 % (unter Berücksichtigung der «transferred benefits» 44 %) bezogen auf die direkt in der Schweiz verursachten Treibhausgas-Emissionen. Der Hauptanteil (knapp 76 % bezogen auf die weissen Emissionen) ist die Folge des Warenhandels, welcher einen deutlichen Importüberschuss an Treibhausgasen aufweist. In der Gesamtbilanz nimmt der Austausch von Dienstleistungen einen relativ unbedeutenden Platz ein. Allerdings ist die Abschätzung dieses Bereichs mit grossen Unsicherheiten (sowohl beim Import wie auch beim Export) behaftet.

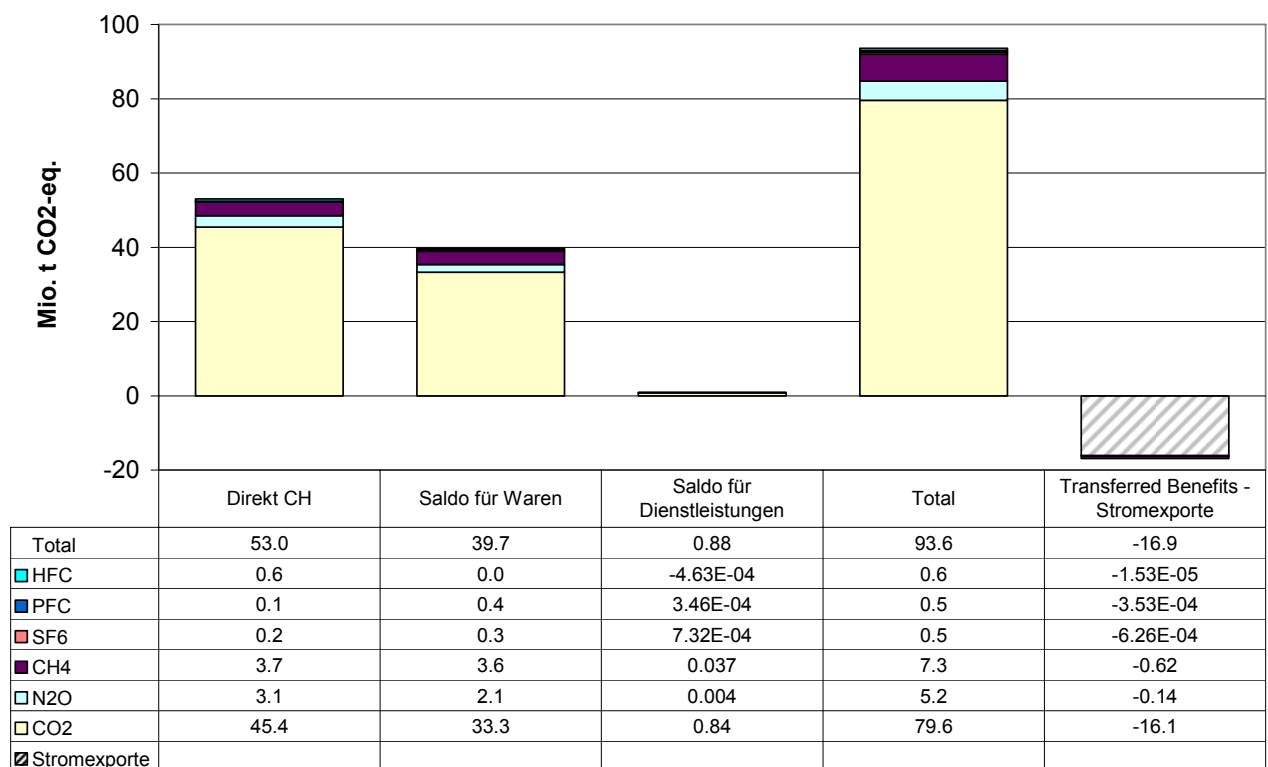
### 7.2 Relevanz der einzelnen Treibhausgase

Abb. 22 zeigt die Gesamtbilanz der weissen und grauen Treibhausgas-Emissionen der Schweiz für das Jahr 2004 und die Beiträge der einzelnen Treibhausgase. CO<sub>2</sub> ist mit Abstand das bedeutendste Treibhausgas (Anteil an der Gesamtsumme: 85 %), gefolgt von Methan (8 %) und Lachgas (5 %). Die übrigen Treibhausgase steuern zusammen knapp 2 % bei.



**Abb. 22 > Gesamtbilanz der Importe und Exporte von grauen Treibhausgas-Emissionen (Mio. t CO<sub>2</sub>-eq./a) für das Jahr 2004.**

In der Gesamtbilanz belaufen sich die Treibhausgas-Emissionen auf etwa 93.6 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq (ohne die «transferred benefits» des Stromexports). Das wichtigste Treibhausgas ist CO<sub>2</sub>. Methan- und Lachgasemissionen werden vor allem durch landwirtschaftliche Produkte verursacht.



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

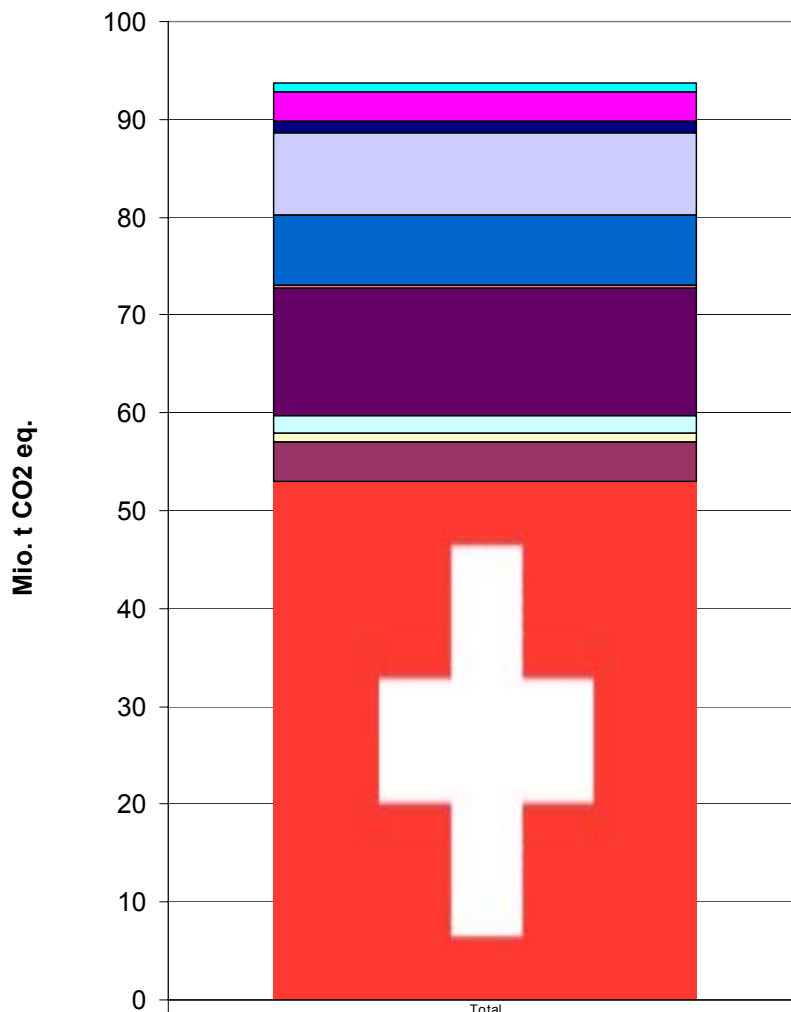
### 7.3

## Relevanz der Waren- und Dienstleistungsgruppen

In Abb. 23 wird dieselbe Bilanz hinsichtlich der verursachenden Waren- und Dienstleistungsgruppen ausgewertet. Die Nettoexporte von Treibhausgasen in einzelnen Verursachergruppen sind unbedeutend. Die «transferred benefits» des Stromexports in der Höhe von knapp 17 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq werden in dieser Grafik nicht dargestellt.

**Abb. 23 > Gesamtbilanz der weissen und grauen Treibhausgas-Emissionen nach Verursachergruppen (Mio. t CO<sub>2</sub>-eq/a) für das Jahr 2004.**

Die gesamten Treibhausgas-Emissionen betragen etwa 93.6 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq. Die wichtigsten Warengruppen in der Gesamtbilanz sind der Energiesektor, Chemische Erzeugnisse sowie bearbeitete Waren. Die Dienstleistungsimporte und -exporte tragen mit Ausnahme des Flugverkehrs nicht nennenswert zur Gesamtbilanz bei.



	Total
Total	93.6 Mio. t CO <sub>2</sub> -eq
Dienstleistungen	0.9 Mio. t CO <sub>2</sub> -eq
Waren und Warenverkehrsvorgänge	0.1 Mio. t CO <sub>2</sub> -eq
Verschiedene Fertigwaren	3.0 Mio. t CO <sub>2</sub> -eq
Maschinenbauerzeugnisse und Fahrzeuge	12 Mio. t CO <sub>2</sub> -eq
Bearbeitete Waren	8.3 Mio. t CO <sub>2</sub> -eq
Chemische Erzeugnisse, a.n.g.	7.2 Mio. t CO <sub>2</sub> -eq
Tierische und pflanzliche Oele, Fette und Wachse	0.2 Mio. t CO <sub>2</sub> -eq
Energieträger und Strom	13.0 Mio. t CO <sub>2</sub> -eq
Rohstoffe (ohne Nahrungsmittel und mineralische Brennstoffe)	18 Mio. t CO <sub>2</sub> -eq
Getränke und Tabak	0.9 Mio. t CO <sub>2</sub> -eq
Nahrungsmittel und lebende Tiere	4.1 Mio. t CO <sub>2</sub> -eq
Direkte Emissionen	53.0 Mio. t CO <sub>2</sub> -eq

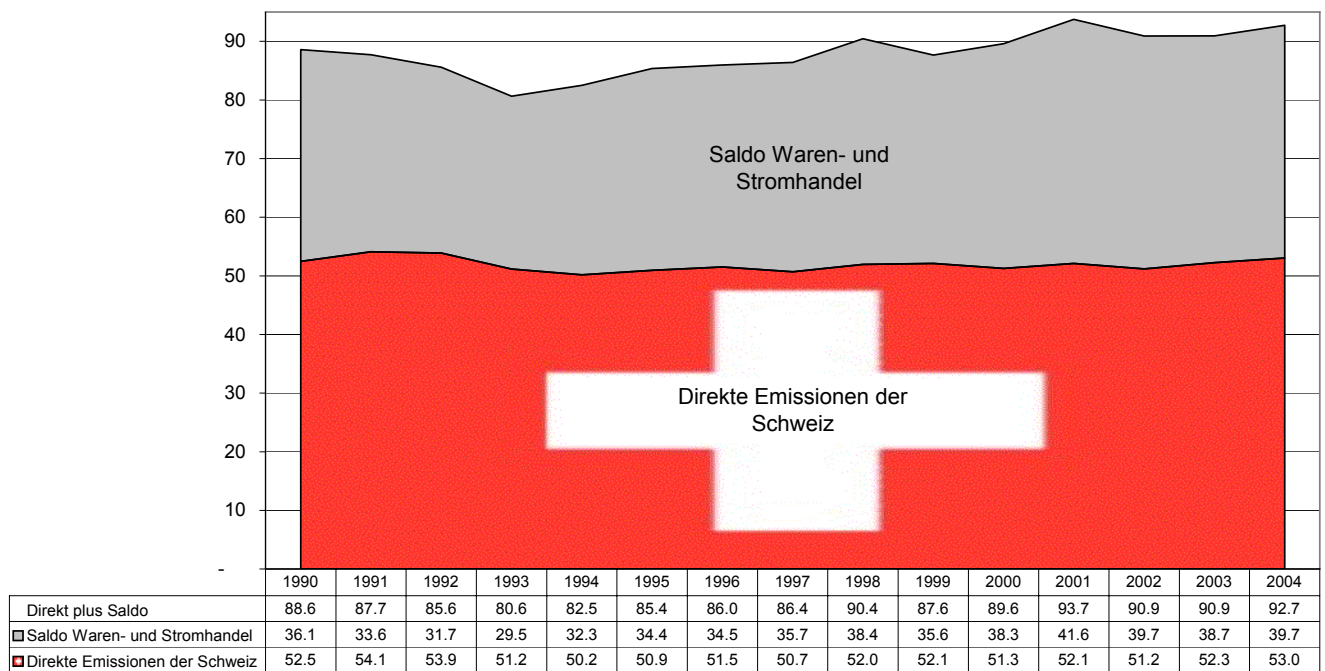
Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

## 7.4 Zeitliche Entwicklung der Gesamtbilanz

Hier wird zunächst die zeitliche Entwicklung der Gesamtbilanz für die Schweiz auf Grundlage der vorher berechneten Daten ausgewertet. Die direkten Emissionen sind in den letzten fünfzehn Jahren praktisch konstant geblieben. Die grauen Treibhausgas-Emissionen waren hingegen stärkeren Schwankungen unterworfen. Die Gesamtbilanz 2004 zeigt gegenüber 1990 eine leichte Zunahme von knapp 5%. Vermutlich werden die grauen Emissionen für weiter zurückliegende Jahre aber etwas unterschätzt, da die Ökobilanzgrundlagen nur für das Jahr 2000 erhoben wurden.

**Abb. 24** > Entwicklung der weissen und grauen Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Jahr).

Die totalen direkten bzw. weissen Emissionen der Schweiz schwanken seit 1990 nur vergleichsweise wenig. Grössere Schwankungen gibt es hingegen bei den grauen Emissionen (hier nur aus dem Waren- und Stromhandel, ohne Handel mit Dienstleistungen). Den höchsten Gesamtwert gab es im Jahr 2001 auf Grund hoher Handelstätigkeit beim Strom.



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

7.5

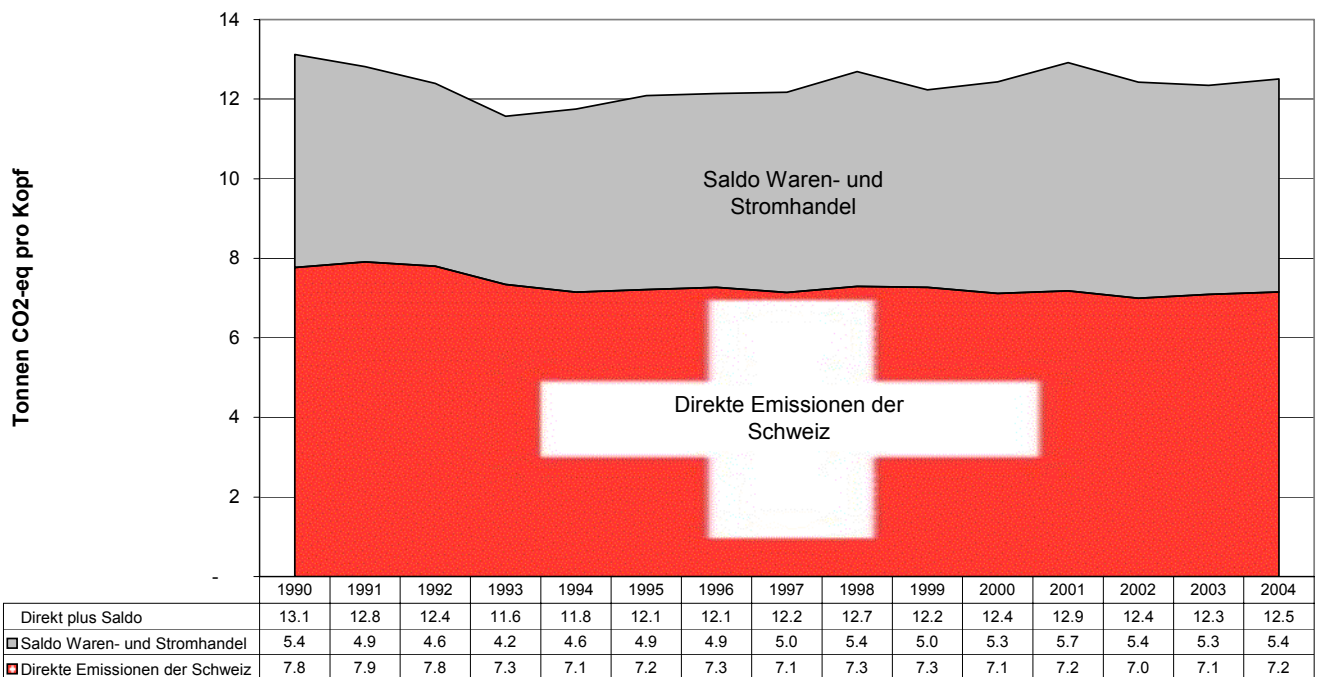
## Emissionen pro Kopf

Die weissen Treibhausgas-Emissionen pro Einwohner betragen für die Schweiz im Jahr 2004 rund 7.2 t CO<sub>2</sub>-eq (in der Schweiz lebende Bevölkerung im Jahr 2004: 7'415'000). Der Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen beträgt rund 5.4 t CO<sub>2</sub>-eq, woraus sich ein Gesamttotal von 12.5 t CO<sub>2</sub>-eq pro Kopf ergibt.

Die Kohlendioxid-Emissionen machen jeweils rund 85% der Treibhausgas-Emissionen aus. Die weissen Emissionen belaufen sich auf 6.0 t CO<sub>2</sub> und die grauen auf 4.7 t CO<sub>2</sub>. In der Summe ergibt sich ein Total von 10.7 t CO<sub>2</sub> pro Einwohner.

**Abb. 25** > Entwicklung der weissen und grauen Treibhausgas-Emissionen der Schweiz (Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Kopf und Jahr).

Die direkten Pro-Kopf-Emissionen der in der Schweiz Wohnenden sind seit 1990 bei konstanten Gesamtemissionen, aber leicht gestiegener Bevölkerungszahl, etwas gesunken. Unter Berücksichtigung der grauen Emissionen gibt es keinen klaren Entwicklungstrend. In dieser Grafik werden nur die grauen Emissionen des Waren- und Stromhandels berücksichtigt.



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH.

## 8 > OECD-Studie zu grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen

*Im Jahr 2003 hat die OECD eine Studie zum Thema graue Kohlendioxid-Emissionen durchgeführt und die mit dem internationalen Handel von Waren verbundenen Kohlendioxid-Emissionen für ausgewählte Staaten nach einer einheitlichen Methodik quantifiziert (Ahmad & Wyckoff 2003). Diese Studie wird im folgenden analysiert und auf Schweizer Verhältnisse übertragen. Dabei bestätigt das Vorgehen nach OECD-Systematik die in den vorgehenden Kapiteln ermittelte hohe Bedeutung des Warenhandels für die Gesamtbilanz der Schweiz.*

### 8.1 Analyse und Vergleich der OECD-Studie

In diesem Kapitel wird die OECD-Studie zu grauen Kohlendioxid-Emissionen analysiert und die zugrunde liegende Methodik mit derjenigen der früheren BUWAL-Studie verglichen (Ahmad & Wyckoff 2003; Frischknecht & Jungbluth 2000). Zudem werden die Ergebnisse und – soweit möglich – die Grundlagendaten mit den vorher aus Ökobilanzen hochgerechneten Daten für Warenströme verglichen.

#### 8.1.1 Methodik

Die OECD-Studie untersucht die grauen Emissionen von CO<sub>2</sub>. Weitere klimarelevante Gase werden nicht betrachtet.

In einem ersten Schritt werden die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Wirtschaftssektor für 24 Länder quantifiziert. Als Grundlage für die Gesamtemission eines Landes (A) wird die entsprechende IEA-Statistik verwendet (IEA 2004). Die Aufteilung der indirekten Emissionen auf einzelne inländische Produktionssektoren erfolgt anhand einer Input-Output-Tabelle (IOT) der inländischen Wirtschaftsverflechtung für das Land (A). In der OECD-IOT werden für jedes Land sowohl die Wirtschaftsverknüpfung inländischer Produktion als auch die Verknüpfungen für importierte Produkte betrachtet (OECD 2006). Entsprechende Daten werden für jedes Land berechnet, das Güter in das Land (A) exportiert.

Die Handelsbeziehungen zwischen den einzelnen Ländern werden durch die BTD (bilateral trade database) der OECD abgebildet (OECD 2005). Durch Verknüpfung der CO<sub>2</sub>-Intensitäten und der Handelsbeziehungen wird für Land (A) die Gesamtmenge an importiertem CO<sub>2</sub> bestimmt.

Für zu exportierende Güter werden die für die Inlandproduktion berechneten CO<sub>2</sub>-Intensitäten (kg CO<sub>2</sub> pro Dollar) plus die Emissionen durch zunächst importierte und dann reexportierte Güter verwendet. Für letztere wird eine Aufteilung gemäss der IOT für die Wirtschaftsverflechtung bei importierten Gütern verwendet.

Aus den Grundlagendaten können folgende Grössen für jedes Land bestimmt werden (Ahmad & Wyckoff 2003:16):

- > Direkte und indirekte CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Verbrauch im Inland (domestic consumption of CO<sub>2</sub> emissions)
- > Gesamte inländische CO<sub>2</sub>-Emissionen (domestic production of CO<sub>2</sub> emissions)
- > Summe der Exporte von grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen (total exports of embodied emissions)
- > Summe der Importe von grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen (total imports of embodied emissions)
- > Netto-Handelsbilanz für graue CO<sub>2</sub>-Emissionen (net trade balance in embodied emissions)

Die Schweiz konnte in der OECD-Studie nicht berücksichtigt werden, da eine IOT in der OECD-Systematik nicht zur Verfügung stand. Daten für Exporte aus der Schweiz wurden mit deutschen Zahlen abgeschätzt.

#### 8.1.2 Vergleich mit Schweizer Bottom-Up-Approach

Im Vergleich mit dem Bottom-Up-Vorgehen in dieser Studie (siehe Kap. 4 *Methodisches Vorgehen für die Gesamtbilanz Schweiz* bis Kap. 7 *Ergebnisse Gesamtbilanz Schweiz*) beziehungsweise der Schweizer Vorgängerstudie basierend auf Ökobilanzdaten (Frischknecht & Jungbluth 2000) ergeben sich die in Tab. 40 gezeigten Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede. Die beiden Ansätze verfolgen eine sehr ähnliche Bilanzierungsidee, basieren aber auf unterschiedlichem Datenmaterial und unterschiedlichen methodischen Grundlagen.

**Tab. 40 > Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Schweizer Studie mit der OECD-Studie.**

*Grundsätzlich ist die Bilanzierungs-idee relativ ähnlich. D.h. es werden zunächst die inländischen Emissionen als Basiswert bestimmt. Für Importe und Exporte wird jeweils der gesamte Lebenszyklus in die Betrachtung einbezogen. Beim genaueren Vorgehen ergeben sich jedoch eine Reihe von Unterschieden. Die Ergebnisse können sich deshalb auch unterscheiden. Dabei sind beide Vorgehensweisen mit spezifischen Vor- bzw. Nachteilen verbunden.*

Kriterium	Bottom-Up-Ansatz Schweiz (Kapitel 4–7)	Studie der OECD (Ahmad & Wyckoff 2003)
Betrachtete Klimagase	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, Vorläufersubstanzen. Alle anthropogen bedingten Emissionen werden betrachtet.	Nur CO <sub>2</sub> aus der Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen. Prozessemissionen z.B. aus der Zementherstellung werden nicht betrachtet. Alle anderen Treibhausgase sind nicht einbezogen.
Berechnung der Inlandemissionen	Basierend auf Nationalem Treibhausgas-Inventar entsprechend IPCC Systematik	Basierend auf IEA Statistik zum Energieverbrauch und Emissionsfaktoren für verschiedene Energieträger.
CO <sub>2</sub> -Intensität Importe	Ökobilanzdaten für einzelne Produkte und Warengruppen. Unterscheidung nach Herkunftsland der Produkte ist nur sehr bedingt möglich (nur bei Energieträgern). Meist werden europäische Durchschnittsdaten verwendet oder, wo diese nicht zur Verfügung stehen, Schweizer Daten.	Vergleichbare IOT Tabellen zur CO <sub>2</sub> -Intensität für alle OECD-Länder. Damit werden länderspezifische Unterschiede gut abgebildet. Die Studie zeigt, dass es hierbei beträchtliche Unterschiede geben kann und die CO <sub>2</sub> -Intensität insbesondere für weniger entwickelte Länder deutlich höher sein kann.
Aggregationsniveau	Verwendung von Ökobilanzdaten für einzelne Produkte. Die Daten für Warengruppen werden auf Grundlage wichtiger Einzelprodukte hochgerechnet.	Die IOT arbeitet immer mit – im Vergleich zu Ökobilanzen sehr heterogenen – Produkt-Paletten von wirtschaftlichen Sektoren.
CO <sub>2</sub> -Intensität Export	Soweit möglich werden Schweizer Ökobilanzdaten zu Grunde gelegt. Diese berücksichtigen auch den evtl. Import von Vorprodukten. Teilweise werden aber auch Exporte aus der Schweiz mit europäischen Durchschnittsdaten gerechnet.	Intensität der inländischen Produktion plus zusätzliche graue Emissionen aus der Verarbeitung importierter Produkte. Es fließen also auch hier die Handelsbeziehungen detailliert ein.
Verknüpfung der Handelsbeziehungen für Waren	Die Verknüpfung von CO <sub>2</sub> -Intensität und Import erfolgt über die Mengenangaben der Aussenhandelsstatistik. Mengen (kg, kWh, etc.) sind dabei in der Regel ein verlässlicheres Kriterium zur Zuordnung der grauen Emissionen als Preise.	Die Verknüpfung erfolgt über Wertangaben zu internationalen Handelsbeziehungen. Da Preise verwendet werden, gibt es unter Umständen grosse Unsicherheiten durch Wechselkurschwankungen und verschiedene Preisniveaus (purchasing power parities).
Berücksichtigung Elektrizität	Import und Exporte werden über Energiestatistiken berücksichtigt.	Verknüpfung über monetäre Einheiten der BTd.
Berücksichtigung von Dienstleistungen	Import und Export von Dienstleistungen werden berücksichtigt.	Nicht berücksichtigt da in der BTd keine Daten.
Warentransporte für Importe und Exporte	Grob abgeschätzt.	Nicht berücksichtigt, da sie in der BTd nicht konsistent behandelt werden.
Emissionen aus dem Flugverkehr	Abschätzung für die grauen Emissionen aus dem Flugverkehr gemäss Inländerprinzip.	Nicht berücksichtigt, da in der BTd keine Daten.
Ergebnisse	Der Anteil der Netto CO <sub>2</sub> -Importe aus dem Energie- und Ernährungssektor wird auf 38 % geschätzt. Für alle Produktgruppen inkl. Transporte wird ein Anteil von 72 % im Verhältnis zu den direkten Emissionen grob abgeschätzt (Erste Studie Frischknecht & Jungbluth 2000). Gemäss der neuen hier vorliegenden Analyse beträgt der Anteil für alle Produktgruppen im Jahr 2004 im Saldo nunmehr 78 %.	Die grauen CO <sub>2</sub> -Emissionen für importierte bzw. exportierte Güter betragen bis zu 55 % der direkten Emissionen. Im Saldo beträgt der Anteil zwischen -18 % und +20 % an den direkten Emissionen.

Quelle: Auswertung von (Ahmad & Wyckoff 2003; Frischknecht & Jungbluth 2000 und dieser Studie).

## 8.2 Berechnung nach OECD-Systematik

Die grauen Kohlendioxid-Emissionen der Schweiz werden auf der Basis der OECD-Methodik ermittelt und mit denjenigen anderer Länder und den grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen gemäss der in dieser Studie durchgeführten Gesamtbilanz verglichen. Die in diesem Kapitel durchgeführten Berechnungen verwenden völlig andere Datengrundlagen als die vorher auf Grundlage von Ökobilanzdaten durchgeführten Analysen. Damit können die Ergebnisse mit zwei unabhängigen Methoden verifiziert werden.

### 8.2.1 Methodik

Für eine vereinfachte Berechnung werden die länderspezifischen Emissionsfaktoren (direkt plus indirekt) in kg CO<sub>2</sub> pro US Dollar verwendet (Ahmad & Wyckoff 2003: Table 4). Mit diesen und der BTD der Schweiz können die grauen Emissionen der Importe in die Schweiz bestimmt werden. Hierzu werden etwa 50 Excel-Tabellen mit den CO<sub>2</sub>-Intensitäten der entsprechenden Länder verknüpft. Dabei beschränken wir uns auf das Referenz-Jahr 1995 (entspricht dem Referenzjahr der OECD-Studie).

Für die Bestimmung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die mit den aus der Schweiz exportierten Gütern verbunden sind, wird die Schweizer Input-Output-Tabelle des Jahres 1995 (Schnewlin 1998) mit sektorspezifischen Emissionskoeffizienten für CO<sub>2</sub> verknüpft. Dazu werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Jahres 1995 laut Schweizer Treibhausgas-Statistik unter Verwendung von (BAFU 2006) und (Füssler et al. 2005) auf die Wirtschaftssektoren der I-O-Tabelle aufgeteilt. Die in der OECD verwendete Datenquelle der IEA liegt für unsere Studie nicht vor.

Durch die Anwendung eines Input-Output Modells, das auf diesen Daten basiert, ist es zunächst möglich, die inländische Güterproduktion und die Importe, die direkt und indirekt für die Herstellung der exportierten Güter benötigt werden, zu berechnen<sup>14</sup>. Aus der Verknüpfung der Inlandproduktion mit den sektoralen CO<sub>2</sub>-Emissionskoeffizienten ergeben sich die im Inland verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Durch die Multiplikation der Importe mit den oben erwähnten Emissionskoeffizienten aus der OECD-Studie werden die im Ausland induzierten CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet. Zusammen ergeben sich damit die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch die Schweizer Exporte verursacht werden. Im Rahmen des vereinfachten Vorgehens ist die Zuordnung zu Zielländern nicht notwendig.

In den BTD werden Dienstleistungen und insbesondere Warentransporte nicht ausgewiesen. Deshalb können diese auch für die Berechnung der Importe von grauen Emissionen nicht berücksichtigt werden. Analog zur OECD-Studie werden die entsprechenden Intensitäten für Exporte aller Dienstleistungssektoren und Transporte mit null gleichgesetzt.

<sup>14</sup> Diese Berechnung wurde in Zusammenarbeit mit Carsten Nathani, ETH Zürich, durchgeführt.



Bei diesem etwas vereinfachten Vorgehen werden die Rückkopplungen durch die Verwendung von Schweizer Gütern in anderen Volkswirtschaften nicht abgebildet. Dies ist aber im Rahmen der hier geforderten Genauigkeit auch nicht erforderlich.

Ein Problem ist die ungenügende Genauigkeit der im OECD-Bericht gezeigten Zahlen zur CO<sub>2</sub>-Intensität. Sie werden jeweils nur mit 1–2 Stellen Genauigkeit angezeigt. Deshalb muss in Einzelfällen mit Rundungsfehlern in der Grössenordnung von bis zu 50 % gerechnet werden.

Die Ergebnisse sind deshalb nicht vollständig mit der OECD-Studie vergleichbar, kommen ihr aber vergleichsweise nahe.

### 8.2.2 Quantifizierung der CO<sub>2</sub>-Importe

Als Grundlage für die Berechnung der Importe dienen die länderspezifischen Emissionsfaktoren (direkt plus indirekt) in kg CO<sub>2</sub> pro US Dollar (Ahmad & Wyckoff 2003: Table 4) und die BTD für alle Importe in die Schweiz (OECD 2005).

Bei der BTD gibt es zwei Versionen. Eine Tabelle zeigt alle Importe in die Schweiz nach Auswertung statistischer Quellen der Schweiz. In dieser Version fehlen allerdings Angaben zu den Stromimporten. Zum Anderen gibt es für jedes Land auch Tabellen in denen die Exporte in alle Länder (einschliesslich der Schweiz) ausgewiesen sind.

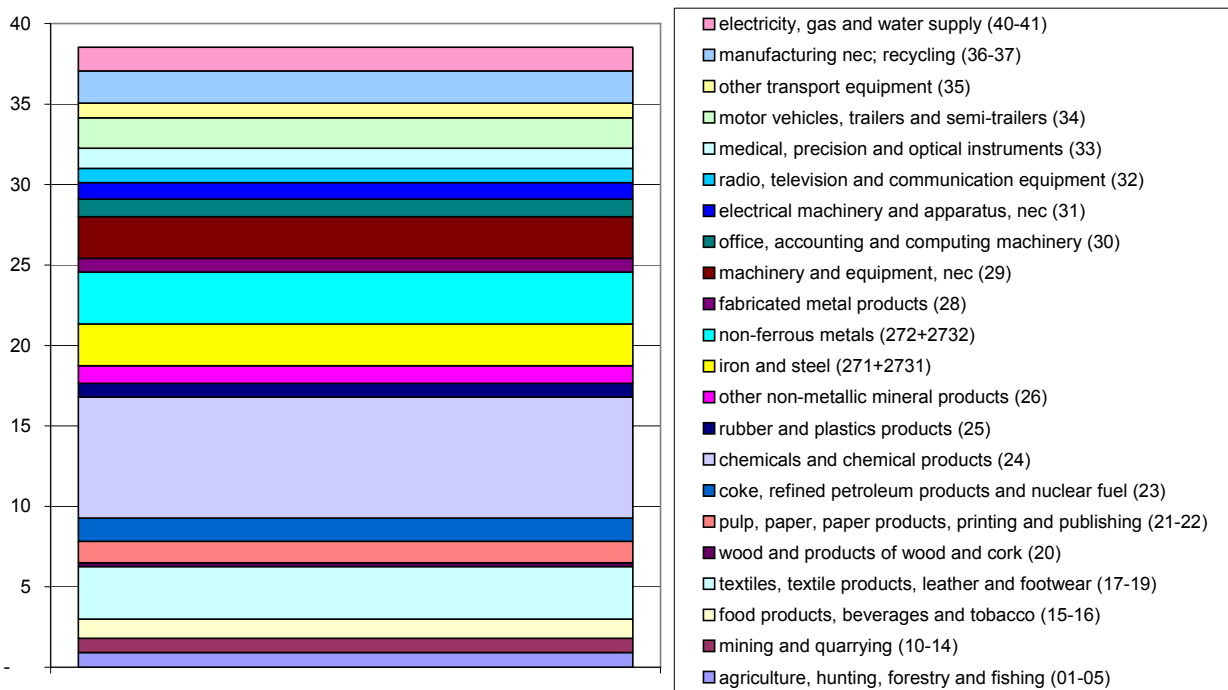
Nach der Berechnung mit den Import-Daten der Schweiz beträgt der Import von grauem CO<sub>2</sub> im Jahr etwa 37 Mio. Tonnen (ohne Strom-Importe). In der zweiten Berechnungsweise werden soweit vorhanden, die Export-Tabellen verschiedener Länder zu Grunde gelegt. Nach dieser Berechnung beträgt der Import von grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen 38.5 Mio. Tonnen (inkl. Stromimporte). Diese zweite Variante der Berechnung wird im folgenden detaillierter dargestellt und ausgewertet.

Aus der Vielzahl der Branchen, die zum Import von grauem CO<sub>2</sub> beitragen, sticht «Chemikalien und Chemische Produkte» heraus (siehe Abb. 26). Metalle (Eisen und Nichteisen), Metallprodukte und Maschinenbau zusammengenommen steuern auch wesentliche CO<sub>2</sub>-Emissionsimporte bei. Auffällig ist die eher geringe Bedeutung der Kategorie «coke, refined petroleum products, ...». Diese Unterschiede werden in Abschnitt 8.3.1 *Importe* näher erläutert.

Die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung von Energieträgern im Jahr 1995 betragen 41 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> (BAFU 2006). Die importierten CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen damit bei 91 bis 95 % der direkten Emissionen.

**Abb. 26 > Importe von CO<sub>2</sub> im Jahr 1995 für verschiedene Wirtschaftsbranchen (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>/a).**

Die wichtigsten Branchen für den Import von grauem CO<sub>2</sub> in die Schweiz sind Chemikalien, Textilien, Eisen und Stahlprodukte. Der Import von fossilen Treibstoffen bringt hingegen einen eher geringen Input. Die Nummerierung der Wirtschaftsbranchen erfolgt gemäss ISIC Codierung (nicht vergleichbar mit der Systematik der Aussenhandelsbilanz).



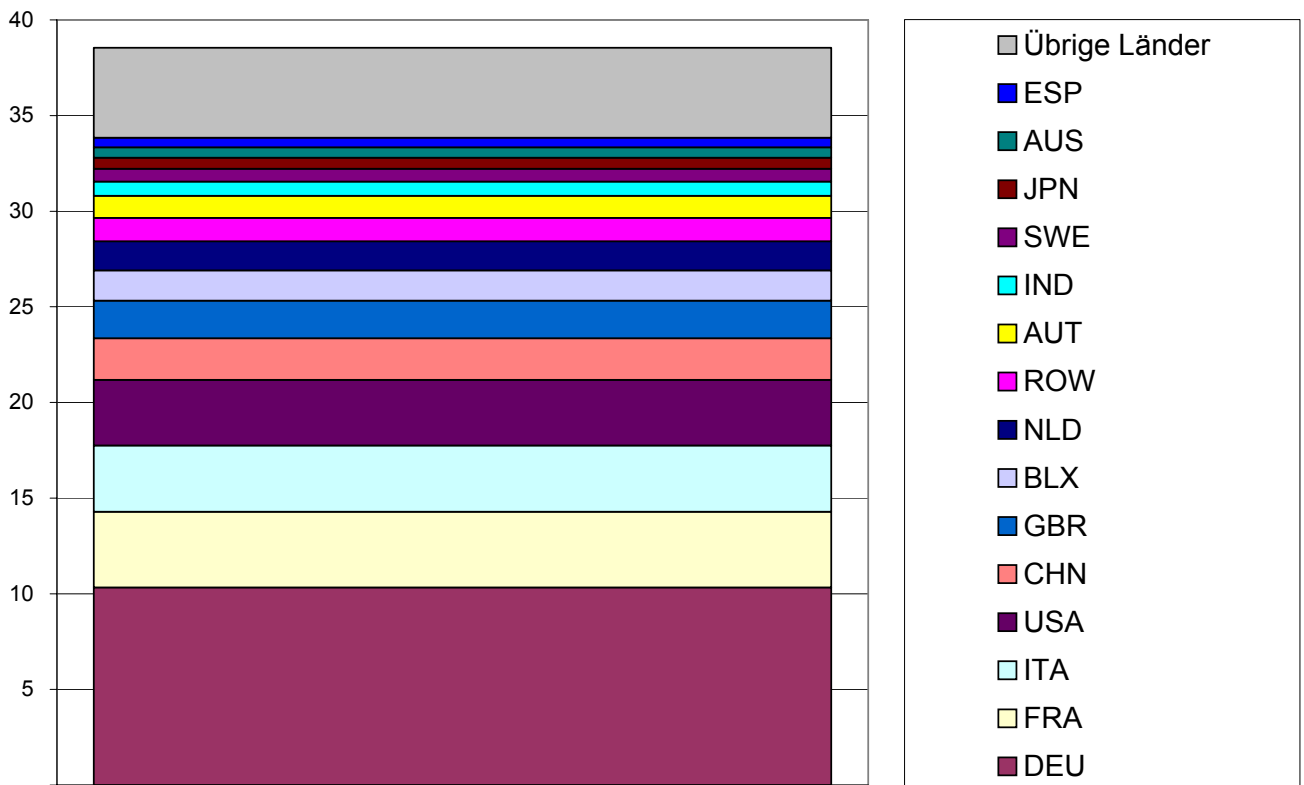
Quelle: Berechnung ESU-services GmbH mit (OECD 2005, Ahmad & Wyckoff 2003: Table 4)

Eine Grobabschätzung für das Jahr 2002 ergibt eine Steigerung der Importe von grauem CO<sub>2</sub> auf etwa 44.2 Mio. Tonnen. Dabei sind die Einflüsse durch steigende Preise allerdings nicht herausgerechnet.

Die Auswertung der Herkunft der importierten grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen zeigt, dass europäische Länder und die USA sehr wichtig sind (siehe Abb. 27). China lag im Jahr 1995 bereits auf dem fünften Rang und dürfte in der Zwischenzeit weiter an Bedeutung gewonnen haben.

**Abb. 27 > Importe von CO<sub>2</sub> im Jahr 1995 aus verschiedenen Ländern (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>/a).**

Mit Hilfe der BTD ist es auch möglich, die Herkunft der CO<sub>2</sub>-Importe detaillierter zu untersuchen. Der wichtigste Handelspartner für den Import von grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Schweiz mit einem Anteil von mehr als 25 % ist Deutschland (DEU). Weitere wichtige Länder sind Frankreich (FRA), Italien (ITA), USA, China (CHN) und Grossbritannien (GBR). Die weiteren Ländercodes werden in Tab. 56 erläutert.



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH mit (OECD 2005, Ahmad & Wyckoff 2003: Table 4)

### 8.2.3 Quantifizierung der CO<sub>2</sub>-Exporte

Für die Berechnung der Exporte von grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen wird folgendermassen vorgegangen.

Gemäss Treibhausgas-Statistik der Schweiz betragen die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Energieverbrauch im Jahr 1995 etwa 41 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> (BAFU 2006). Zunächst müssen diese Emissionen hinsichtlich gewerblicher bzw. privater Quellen unterschieden und dann den 42 Branchen der schweizerischen Input-Output Tabelle zugeordnet werden. Der Anteil der gewerblichen Emissionen wird mit 22.3 Mio. Tonnen abgeschätzt (BAFU 2006). Zur genauen Aufteilung auf die Branchen wird neben der Treibhausgas-Statistik auch die Studie (Füssler et al. 2005) verwendet (erste Säule von links der Abb. 28).

Die für Warenaustausch berechneten Importe in der Grössenordnung von 38.5 Mio. Tonnen müssen ebenfalls entsprechend der Systematik der Input-Output Tabelle hinsichtlich Branchen und Verwendung aufgeteilt werden (Schnewlin 1998). Etwa 20 Mio. Tonnen gehen direkt in den Endverbrauch. Der Rest wird in Form von Vorleistungslieferungen von verschiedenen Wirtschaftsbranchen nachgefragt (Säulen 2 und 3 in Abb. 28).

Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Exporte werden zum einen die CO<sub>2</sub>-Intensitäten durch direkt in der Schweiz verursachte CO<sub>2</sub>-Emissionen bestimmt und die Intensitäten der reexportierten grauen Emissionen berechnet. Diese Werte werden mit dem Wert der Exporte (Produktion in der Schweiz bzw. Re-Export von importierten Produkten) verknüpft. Dabei werden Exporte von Dienstleistungen und die Warentransporte für Exporte entsprechend der OECD-Methodik nicht berücksichtigt.

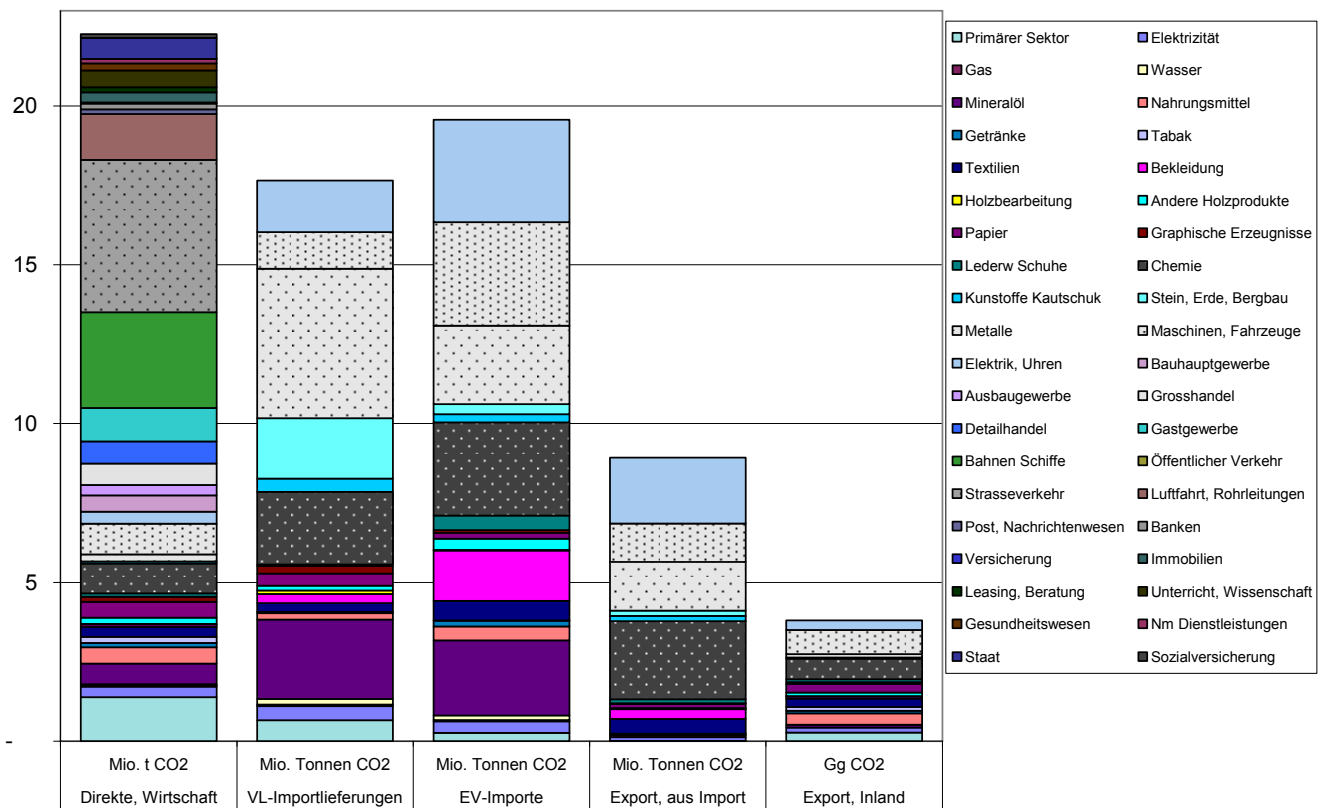
Nach diesen Berechnungen beträgt der Gesamtexport knapp 13 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>, von denen etwa 9 Mio. Tonnen auf reexportierte graue Emissionen und der Rest von 4 Mio. Tonnen auf Exporte von direkten Emissionen in der Schweiz zurückzuführen sind (Säulen 4 und 5 in Abb. 28).

In einer Abschätzung für das Jahr 2001 werden die durch Güterexporte exportierten schweizerischen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf etwa 8.7 Mio. Tonnen geschätzt (ohne reexportierte graue Emissionen).<sup>15</sup> Dabei werden allerdings alle Sektoren für die Exporte berücksichtigt. Der Vergleich mit den oben erwähnten rund 4 Mio. Tonnen zeigt, dass für eine vollständige Berechnung der exportierten schweizerischen Emissionen auch die Sektoren «Dienstleistungen» und «Warentransporte» in Betracht gezogen werden sollten.

<sup>15</sup> Persönliche Mitteilung von Carsten Nathani, ETH Zürich, Mai 2006. Berechnung auf Basis der Input-Output-Tabelle der Schweiz für das Jahr 2001 und (Füssler et al. 2005).

**Abb. 28 > Direkte Emissionen und Exporte von CO<sub>2</sub> im Jahr 1995 (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>/a).**

Die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schweizer Wirtschaft betragen etwa 22 Mio. Tonnen. Importiert werden etwa 38.5 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>. Diese gehen in Vorleistungslieferungen (VL) und in den Endverbrauch (EV). Ihnen stehen Exporte von etwa 13 Mio. Tonnen gegenüber. Bei Importen und Exporten werden alle Dienstleistungssektoren inkl. Transportdienstleistungen ausgeklammert (gemäss Legende alle Sektoren unterhalb von «Elektrik, Uhren»).



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH mit (BAFU 2006; Füssler et al. 2005; Schneulin 1998)

#### 8.2.4 CO<sub>2</sub>-Intensitäten

Tab. 41 zeigt die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Intensitäten der Importe in die Schweiz. Die Höhe der Intensitäten wird durch die wichtigsten Handelspartner der Schweiz, wie beispielsweise Deutschland, massgeblich beeinflusst.

Die berechneten gesamten CO<sub>2</sub>-Exporte werden in zwei Schritten auf die Branchensystematik in den OECD-Berechnungen aggregiert. Damit ist es möglich, CO<sub>2</sub>-Intensitäten für den Export von Produkten aus der Schweiz zu bestimmen und mit denjenigen der OECD-Systematik zu vergleichen. Für die eigentlichen Berechnungen der CO<sub>2</sub>-Exporte spielen diese in Tab. 41 aufgeführten Intensitäten aber keine Rolle.

Beim Vergleich mit anderen Ländern zeigen sich grosse Unterschiede. Insgesamt sind die Intensitäten der Exporte für viele Warengruppen deutlich niedriger als die Intensitäten der Importe. Im Schnitt liegt die Intensität für Importe bei 0.5 kg CO<sub>2</sub>/CHF, für Exporte dagegen bei 0.16 kg CO<sub>2</sub>/CHF. Dafür sind zum einen geringe CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Schweiz und zum anderen wahrscheinlich ein höheres Preisniveau der exportierten Waren verantwortlich. Grössere Abweichungen für einzelne Warengruppen können auch durch die notwendigen vielfachen Umstrukturierungen der schweizerischen Datentabellen begründet sein. Diese Umgruppierungen gehen jeweils mit einem Verlust an Genauigkeit einher.

Augenfällig ist der Unterschied beim Export von Elektrizität. Hier wird in der BTd der OECD ein Gesamtwert der Stromexporte von 490'000 US\$ angegeben. Dieser Wert ist viel zu niedrig im Vergleich zum tatsächlich exportierten Volumen (in kWh). Deshalb resultiert hier in der Berechnung auch ein augenfällig viel zu hoher Faktor für die CO<sub>2</sub>-Intensität.

Die Werte für die Schweiz in Tab. 41 sind aus den in Abb. 29 gezeigten Werten abgeleitet. Durch Währungsumrechnung und unterschiedliche Kategorien haben sich dabei weitere Ungenauigkeiten ergeben, die aber für die gezeigten Ergebnisse zu den CO<sub>2</sub>-Exporten nicht relevant sind.

**Tab. 41 > Vergleich der CO<sub>2</sub>-Intensitäten für ausgewählte Länder mit den in dieser Studie berechneten Intensitäten für die Schweiz (kg CO<sub>2</sub>/US \$).**

*Mittels der zuvor durchgeführten Berechnungen können die CO<sub>2</sub>-Intensitäten für Schweizer Warenexporte bestimmt werden. Aufgrund von Zuordnungsproblemen ergeben sich dabei deutlich unterschiedliche Werte im Vergleich zu Nachbarländern. Ausserdem war es infolge von Zuordnungsproblemen zwischen der schweizerischen Input-Output-Tabelle und den ISIC Codes auch nicht möglich, die CO<sub>2</sub>-Intensitäten für alle Branchen zu bestimmen.*

INDUSTRY	ISIC CODE	Switzerland (Exports)	Switzerland (Imports)	France	Germany	Italy	Japan	Sweden	UK	USA	China	Russia
AGRICULTURE, ETC	01-05	1.25	0.44	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.5	1.3	1.9
MINING, EXTRACTION, REFINING	10-14, 23	0.16	1.07	1	1.1	0.6	0.9	1.0	0.9	1.9	4.5	1.5
FOOD, BEVERAGES, TOBACCO	15-16	0.24	0.35	0.2	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4	0.5	1.8	1.7
TEXTILES, LEATHER, FOOTWEAR	17-19	0.43	0.51	0.2	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4	0.5	1.7	n/a
WOOD & PRODUCTS OF WOOD & CORK	20	0.44	0.25	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.5	2.5	3
PULP, PAPER PRINTING & PUBLISHING	21-22	0.19	0.34	0.2	0.3	0.3	0.2	0.7	0.3	0.4	3	n/a
CHEMICALS	24	0.15	0.71	0.5	0.6	0.7	0.5	0.8	0.7	1	4.9	6.6
OTHER NON-METALLIC MINERAL	26	n/a	0.81	0.6	0.7	0.8	0.6	0.7	0.7	1.3	6.1	5.8
IRON & STEEL	271+2731	0.54	1.21	1.5	1.1	0.9	0.9	0.8	1.6	1.6	9.2	10.1
NON-FERROUS METALS	272+2732	n/a	0.67	0.5	n/a	n/a	0.7	n/a	0.8	0.9	4.9	2.9
OTHER METAL PRODUCTS, MACHINERY EQPT	28-32	0.09	0.34	0.2	0.3	0.3	0.1	0.4	0.4	0.4	2.9	3.4
MOTOR VEHICLES, TRAINS, SHIPS PLANES	34,35	1.10	0.30	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	3	n/a
OTHER MANUFACTURING & RECYCLING	25,33,36-37	0.01	0.38	0.3	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4	0.3	2.4	2.2
ELECTRICITY, GAS, WATER (see Annex B, B.33)	40-41	549	1	0.5	3.3	2.2	1.7	1.3	4.1	6.8	24.2	19.4
<b>Average</b>		<b>0.16</b>	<b>0.50</b>									

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH und Ahmad & Wyckoff 2003: Table 4.

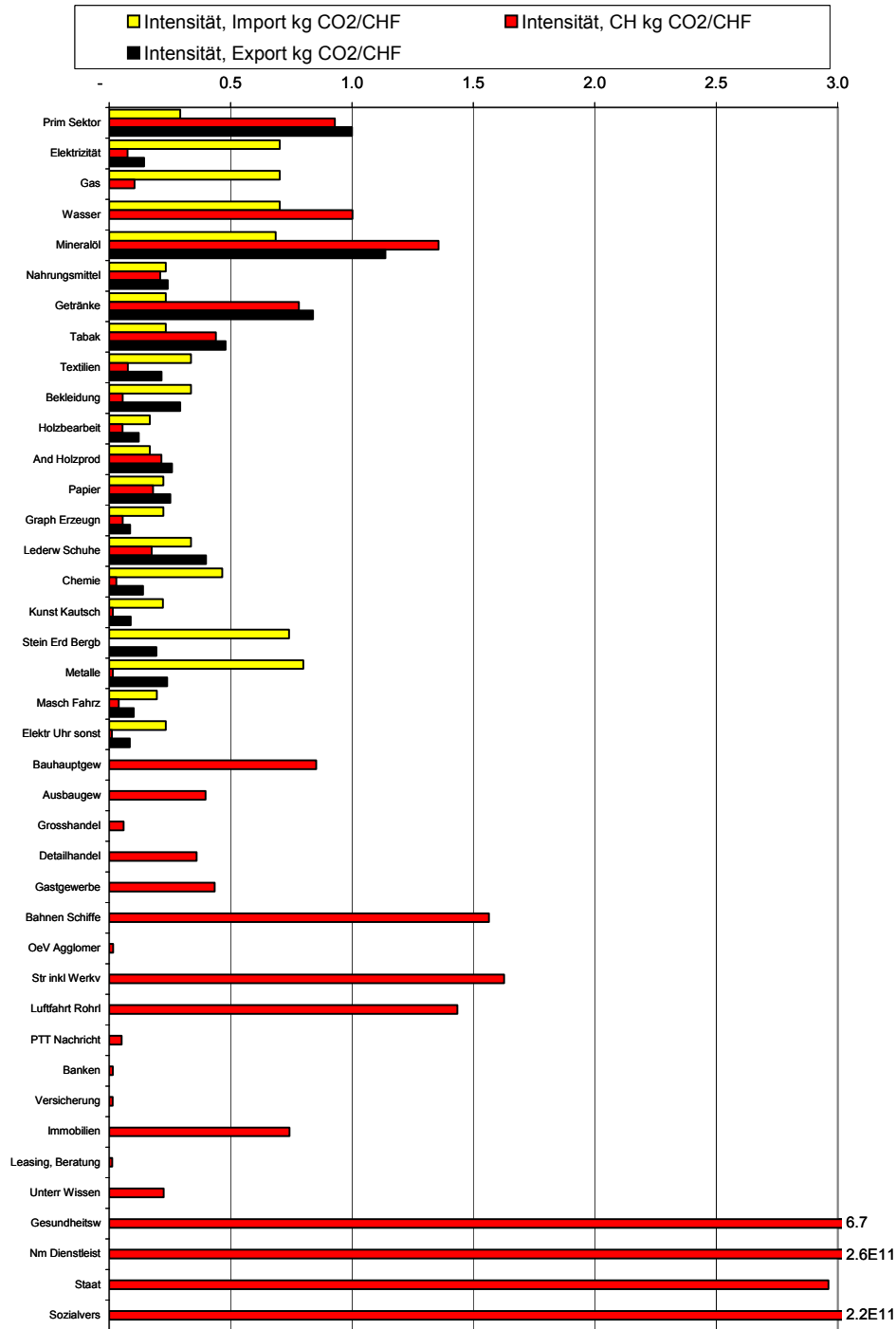
---

In Abb. 29 werden die zunächst berechneten CO<sub>2</sub>-Intensitäten der Importe, Exporte und der direkten Produktion in der Schweiz gezeigt. Bei einigen Branchen zeigen sich deutliche Unterschiede der Intensität. So sind z.B. Stromimporte CO<sub>2</sub>-intensiver als Stromexporte. Für die Währungsumrechnung zwischen Tab. 41 und Abb. 29 wird der in den beiden statistischen Grundlagen jeweils ausgewiesene Gesamtwarenwert zu Grunde gelegt und nicht der reale Wechselkurs. Der Umrechnungskurs für Importe beträgt dadurch 1.32 CHF/US \$ für Importe und 1.15 CHF/US \$ für Exporte.

Die Ergebnisse für die ebenfalls aufgeführten Kategorien wie Dienstleistungen und Staat sind wenig aussagekräftig, da nur sehr geringe Finanzströme verzeichnet sind (unterer Teil in Abb. 29). Die überaus hohen Werte in einigen Branchen resultieren aus einer sehr geringen Wertschöpfung in diesen Branchen. Der Hintergrund für diese niedrigen Werte ist allerdings recht unklar. Die ausgewiesenen Intensitäten dieser Branchen sind deshalb mit Vorsicht zu interpretieren.

**Abb. 29 > CO<sub>2</sub>-Intensitäten der Importe, Exporte und der direkten Produktion im Jahr 1995 (kg CO<sub>2</sub>/CHF).**

Bei einigen Branchen zeigen sich deutliche Unterschiede der Intensität. So sind z.B. Stromimporte CO<sub>2</sub>-intensiver als Stromexporte. Dienstleistungsbranchen, für welche keine Importe und Exporte berücksichtigt werden, werden auf den Wert null gesetzt.



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH mit (BAFU 2006; Füssler et al. 2005; Schnewlin 1998).

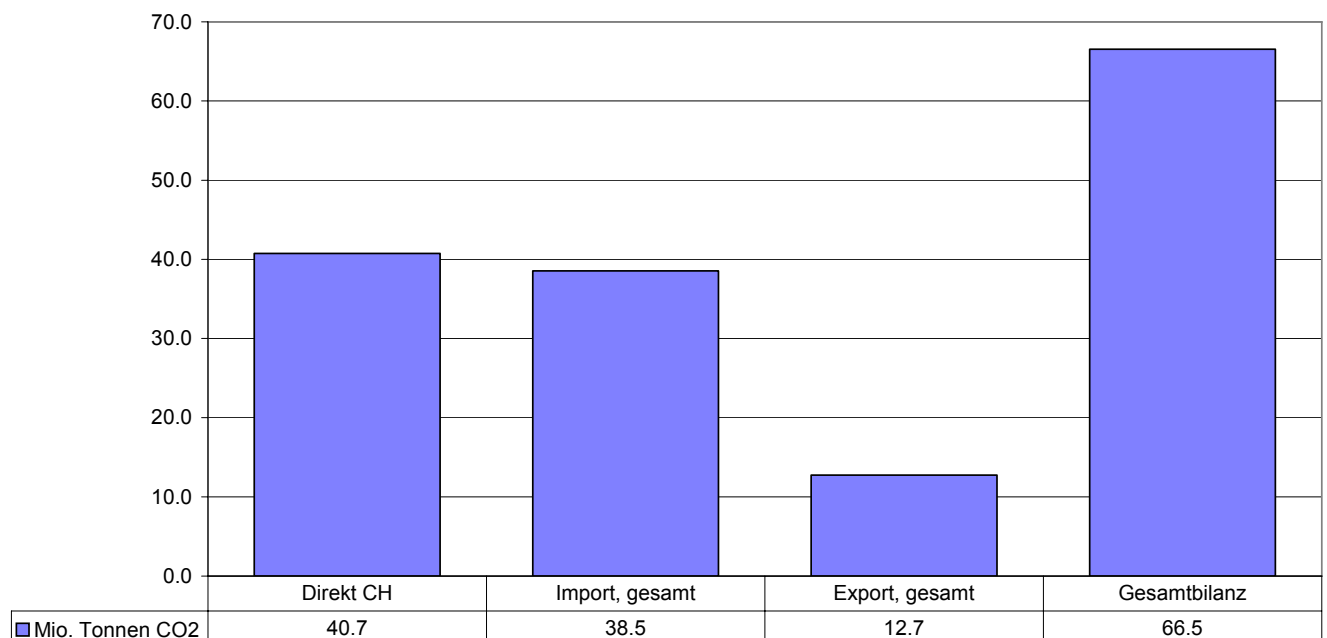


### 8.2.5 Gesamtbilanz

Auf Grundlage der vorher bestimmten Importe und Exporte kann die Gesamtbilanz der CO<sub>2</sub>-Emissionen bestimmt werden (Abb. 30).

**Abb. 30 > Gesamtbilanz der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Energiesektor (ohne Dienstleistungen) im Jahr 1995 nach OECD-Systematik (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>/a).**

Die Gesamtbilanz der Berechnungen nach OECD-Systematik wird aus den zuvor hergeleiteten Werten zusammengestellt. Im Saldo werden etwa 25 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> importiert. Aus direkten Emissionen und der Bilanz der grauen Emissionen durch Importe und Exporte ergibt sich eine Gesamtemission von etwa 67 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>.



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH mit (BAFU 2006; Füssler et al. 2005; Schnewlin 1998)

Direkten Emissionen in der Höhe von knapp 41 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> stehen einem Importsaldo von 25.8 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> gegenüber. In der Gesamtbilanz verursacht der Konsum von Waren und Dienstleistungen in der Schweiz somit 66.5 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>.

In absoluten Werten bewegen sich die Zahlen für die Schweiz in der Grössenordnung vergleichbarer Länder (siehe Tab. 42). So liegen z.B. die Gesamtemissionen in Schweden bei einer vergleichbaren Bevölkerungszahl in einer ähnlichen Grössenordnung. Schweden weist einerseits höhere Inlandemissionen und höhere Emissionsexporte auf. Andererseits sind die Emissionsimporte geringer. Die Unterschiede lassen sich teilweise durch die unterschiedliche Wirtschaftsstruktur der beiden Länder erklären.

Die Schweiz importiert netto Emissionen im Umfang von etwa 63 % der inländischen Emissionen. Im Vergleich zu anderen OECD-Ländern gehört sie damit zu den Ländern mit den höchsten Anteilen grauer CO<sub>2</sub>-Importe im Verhältnis zu den im Inland verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Der Durchschnitt der OECD-Länder liegt bei etwa 5% (Ahmad & Wyckoff 2003). Da grosse Volkswirtschaften wie die USA oder Deutschland ihren Konsum zu einem grösseren Anteil durch inländische Produktion decken können, erstaunt es nicht weiter, dass der Aussenhandel der Schweiz dessen Treibhausgas-Gesamtbilanz stark mitprägt.

Es gilt zudem zu berücksichtigen, dass Auswirkungen von Stromimporten und Exporten evtl. auch bei anderen Ländern nicht korrekt erfasst wurden (siehe Detailanalyse im Abschnitt 8.3.2 *Detailanalyse Stromimport*). Zudem sind die Exporte von Dienstleistungen nicht berücksichtigt.

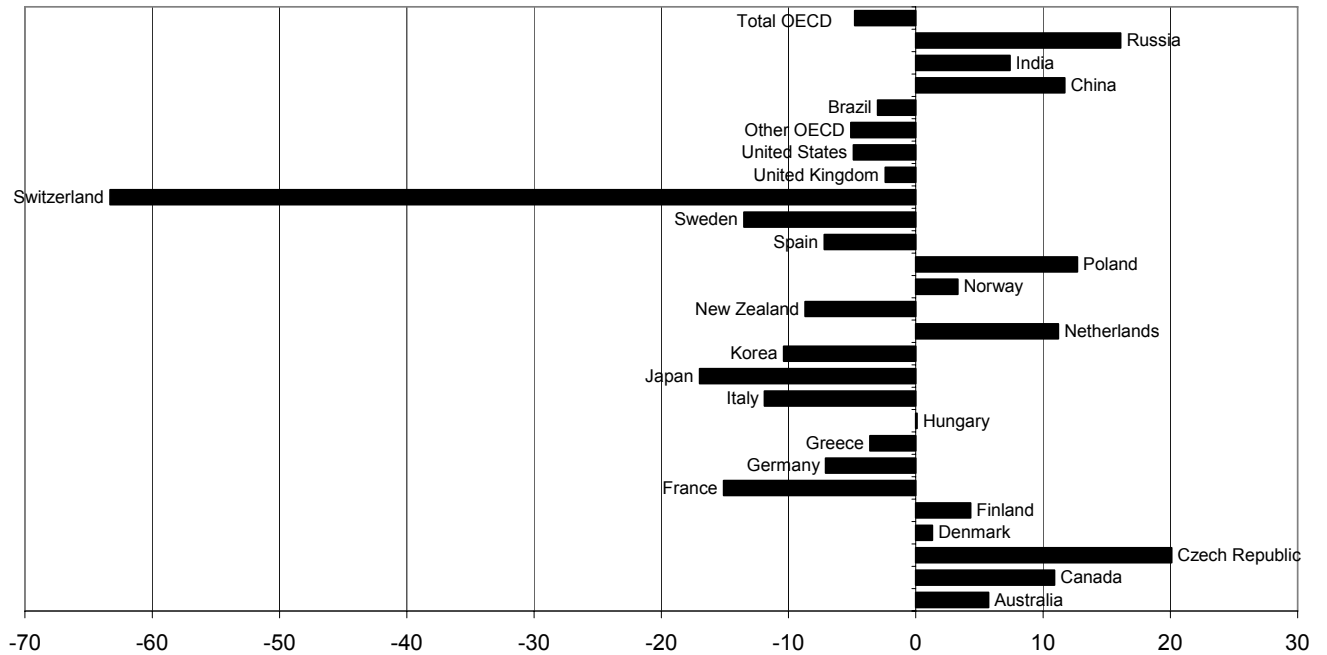
**Tab. 42 > CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe in verschiedenen OECD-Ländern.**

*Auf Grundlage der zuvor durchgeführten Berechnungen können die CO<sub>2</sub>-Emissionen für den Schweizer Warenhandel bestimmt werden. Diese Werte werden mit den Ergebnissen der OECD-Studie für eine Reihe weiterer Länder verglichen. Die Schweiz ist das Land mit den deutlich höchsten Netto-Importen von CO<sub>2</sub>. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die für die Schweiz wichtigen Sektoren Stromhandel und Dienstleistungen nur ungenügend erfasst werden.*

Country	Year	Emissions % of world (1995)	Domestic production Mt CO <sub>2</sub>	Exports (+ re-exports) Mt CO <sub>2</sub>	Imports Mt CO <sub>2</sub>	Domestic consumption Mt CO <sub>2</sub>	Difference Mt CO <sub>2</sub>	Difference % of domestic production
Australia	1995	1.3	279	47	31	263	16	5.7
Canada	1997	2.2	493	155	101	439	54	10.9
Czech Republic	1995	0.6	126	44	19	100	25	20.1
Denmark	1997	0.3	58	22	21	57	1	1.3
Finland	1995	0.3	56	25	23	54	2	4.3
France	1995	1.7	355	86	139	408	-54	-15.1
Germany	1995	4.1	866	193	254	927	-61	-7.1
Greece	1994	0.3	73	10	13	76	-3	-3.6
Hungary	1998	0.3	57	16	16	57	0	0.1
Italy	1992	2	398	60	107	445	-47	-11.9
Japan	1995	5.2	1100	102	289	1287	-187	-17
Korea	1995	1.8	364	75	113	402	-38	-10.4
Netherlands	1995	0.8	174	97	77	155	20	11.2
New Zealand	1996	0.1	25	6	9	27	-2	-8.7
Norway	1997	0.2	35	20	19	34	1	3.3
Poland	1995	1.6	328	62	20	286	42	12.7
Spain	1995	1.1	235	45	62	252	-17	-7.2
Sweden	1998	0.3	53	23	30	60	-7	-13.5
Switzerland	1995	0.4	41	13	39	67	-26	-63.3
United Kingdom	1995	2.5	536	110	123	549	-13	-2.4
United States	1997	24.2	5421	289	552	5684	-263	-4.9
Other OECD	1995	3.9	814	243	284	856	-41	-5.1
Brazil	1996	1.1	258	24	32	266	-8	-3
China	1997	14.1	3068	463	102	2708	360	11.7
India	1993	3.7	672	74	24	623	50	7.4
Russia	1998	7.5	1440	256	24	1208	232	16.1
Total OECD	1995	54.4	11474			12025	-552	-4.8
World	1995	100	21096					

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH und Ahmad & Wyckoff 2003: Table 3.

Abb. 31 > Handelsbilanz der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 1995 – Prozentanteil an den Inland-Emissionen für OECD-Länder.

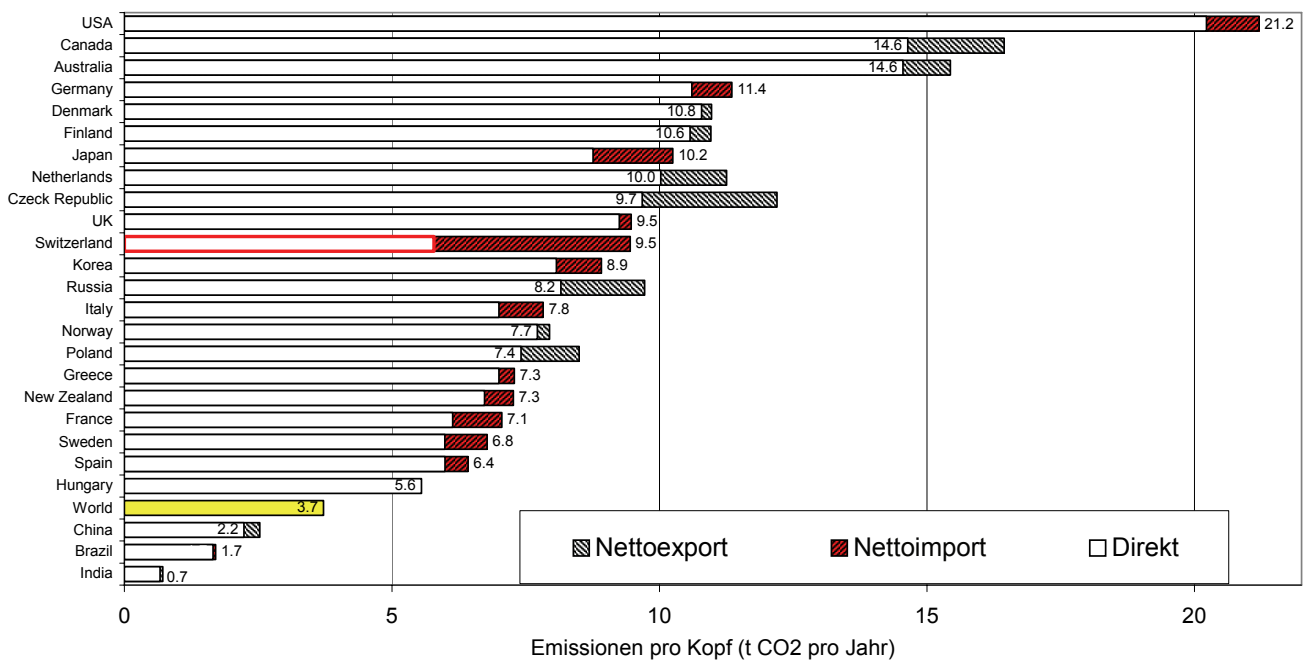


Quelle: (Ahmad & Wyckoff 2003: Figure 1, Eigene Berechnungen für die Schweiz)

Für eine Beurteilung und einen Vergleich der verschiedenen Länder sind Aussagen zu den Pro-Kopf-Emissionen von CO<sub>2</sub> sehr viel aussagekräftiger als ein Vergleich der Anteile von Importen bzw. Exporten. In Abb. 32 wird das Ergebnis mit den für die Schweiz neu erhobenen Zahlen gezeigt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass hier nur energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen, ohne Warentransporte und Flugzeugemissionen, berücksichtigt werden.

**Abb. 32 > Berechnung der Pro-Kopf CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 1995 unter Berücksichtigung grauer Importe und Exporte (Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf).**

Die direkten Emissionen (nur aus dem Energiesektor) der Schweiz im Jahr 1995 betragen 5.8 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf. Unter Berücksichtigung von Importen und Exporten liegen die schweizerischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei 9.5 Tonnen pro Kopf. Die Schweiz liegt damit an elfter Stelle der gezeigten Länder.



Quelle: (Ahmad & Wyckoff 2003: Table 3, Berechnung ESU-services GmbH für die Schweiz)

### 8.3 Diskussion und Vergleich mit den Bottom-Up-Ergebnissen dieser Studie

#### 8.3.1 Importe

Die Ergebnisse der Berechnung nach der OECD-Systematik werden mit den Ergebnissen aus Kapitel 7 *Ergebnisse Gesamtbilanz Schweiz* für Warenimporte verglichen (Bottom-Up-Ansatz). Zunächst wird eine Berechnung für die Warenimporte des Jahres 1995 durchgeführt. Hierzu werden CO<sub>2</sub>-Intensitäten pro Warengruppe berechnet und mit den Warenmengen verknüpft. Nach dieser Berechnung liegt der Import von grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 1995 bei etwa 48 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> gegenüber 38.5 Mio. Tonnen gemäss Berechnung nach OECD-Systematik. Beim Vergleich ist zu berücksichtigen, dass für die Ökobilanz auch Warentransporte berücksichtigt sind, die in den Berechnungen gemäss OECD-Systematik nicht vollständig enthalten sind.

Die Emissionen aus der Bottom-Up-Analyse werden dann den verschiedenen Wirtschaftsbranchen gemäss Abb. 26 zugeordnet. Grosse Unterschiede gibt es beim Import von Treibstoffen (23). Hier scheinen die Emissionen in der OECD-Systematik deutlich unterschätzt zu sein. Einige Länder, in denen Erdöl gefördert wird, sind in der BTD nicht enthalten. Ferner werden Emissionen durch Abblasen und Abfackeln in der OECD-Systematik nicht erfasst.

Bei den Stromimporten gibt es einen deutlichen Unterschied. Die Werte nach der Ökobilanzberechnung sind deutlich höher als die Werte nach der OECD-Berechnung. Die Unterschiede werden deshalb im Abschnitt 8.3.2 *Detailanalyse Stromimport* detailliert analysiert.

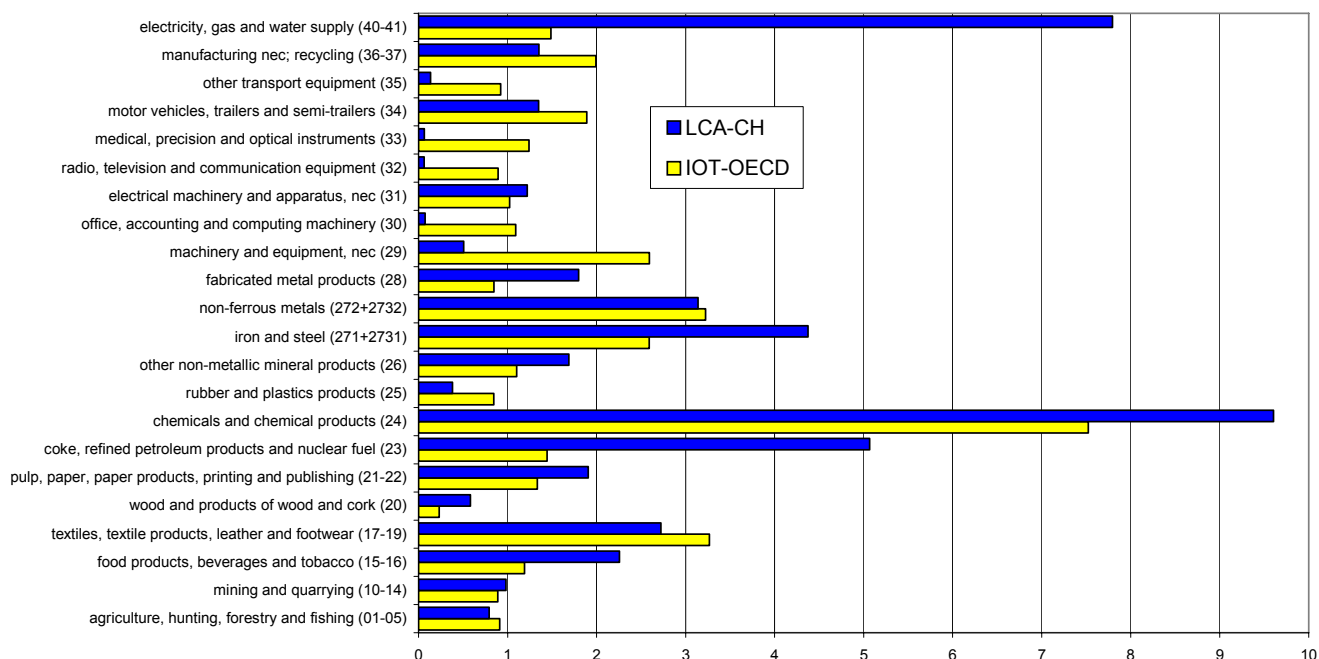
Tendenziell höhere Ergebnisse zeigt die OECD-Systematik für hoch verarbeitete Produkte der ISIC Kategorien 30 bis 33. Dies ist ein Hinweis darauf, dass Importe (und Exporte) aus diesen Produktgruppen in der Ökobilanz-Berechnung bisher eher unterschätzt werden, da nicht genügend detaillierte Ökobilanzdaten zur Verfügung stehen.

Eine allgemeine Unterschätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der OECD-Systematik wird durch die Vernachlässigung der Transporte vom Hersteller bis in die Schweiz und der prozessbedingten Emissionen (z.B. Abblasen von Begleitgasen, Zementherstellung, etc.) verursacht.

Die Berechnungen mit Ökobilanzdaten und nach OECD-Systematik kommen also vor allem für Stromimporte zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen.

**Abb. 33 > Vergleich der Berechnung für Importe von CO<sub>2</sub> im Jahr 1995 (Mio. t CO<sub>2</sub>/a).**

Hier werden die Ergebnisse aus der Bottom-Up-Berechnung (LCA-CH) mit den Ergebnissen einer Berechnung nach OECD-Systematik (Top-Down-Ansatz) verglichen. Die Nummern einzelner Branchen beziehen sich auf die ISIC Systematik. Die Warengruppen der Aussenhandelsbilanz werden hierzu auf die Gruppen gemäss ISIC Systematik aufgeteilt.



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH

### 8.3.2 Detailanalyse Stromimport

Gemäss Auswertung in Abb. 33 ergibt die Berechnung der Stromimporte mit Ökobilanzdaten einen etwa viermal höheren Wert als die Berechnung basierend auf Input-Output Daten. Für die Berechnung mit Ökobilanzdaten werden die Menge der importieren kWh aus verschiedenen Ländern direkt mit den Grundlagendaten der Ökobilanz verknüpft. Die Berechnung des Mixes basiert auf der CO<sub>2</sub>-Intensität im Jahr 2004. Diese wird auch für die Importe des Jahres 1995 verwendet. Im Vergleich der Daten für 1996 und 2000 zeigen sich nur geringe Unterschiede in der Ökobilanz (ecoinvent Centre 2006; Frischknecht et al. 1996). Die Ökobilanzdaten der Stromerzeugung in verschiedenen Ländern basieren auf sehr detaillierten Untersuchungen und können als verlässlich gelten.

Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Stromimporten mit der Input-Output-Analyse sind verschiedene Unsicherheiten zu berücksichtigen (siehe auch Tab. 43).

Die in der OECD-Studie ausgewiesenen CO<sub>2</sub>-Intensitäten pro kWh (Spalte 6) sind etwa 30%–50% niedriger als die kumulierten Werte der ecoinvent Datenbank (Spalte 3). Die in der OECD-Studie verwendeten Werte sind sogar niedriger als die direkten CO<sub>2</sub>-

Intensitäten der Kraftwerke (vgl. Spalte 5). Hier scheint eventuell ein Fehler seitens der OECD-Studie vorzuliegen.

Ein weiterer Unterschied besteht bei den Strompreisen. Gemäss Elektrizitätsstatistik betrug der Kaufpreis für Strom auf Hochspannungsebene im Jahr 1995 etwa 4.9 Rappen. In der OECD-Berechnung werden deutlich höhere Werte angegeben. Da die Stromimporte über den Wert berücksichtigt werden, bedeutet dies eine deutliche Unterschätzung der physikalisch gelieferten Menge. Zudem werden in der BTD nicht für alle Länder die Werte der Stromexporte in die Schweiz angegeben.

Ein zusätzliches Problem der Berechnung nach OECD-Systematik ist die Zusammenfassung der Stromimporte mit Importen aus den Sektoren Gas- und Wasserwirtschaft. In der Studie der OECD wird ausserdem festgestellt, dass Elektrizität kaum gehandelt wird (Ahmad & Wyckoff 2003: p.57, «electricity ... is in general not traded»). Diese Feststellung deckt sich auf keinen Fall mit den Verhältnissen in der Schweiz und den umliegenden Ländern. Eventuell beruht sie auf falschen Angaben in der BTD Datenbank der OECD.

Es gibt also eine Reihe von Indizien, die für eine deutliche Unterschätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen für Stromimporte nach der Berechnungsmethode der OECD sprechen.

**Tab. 43 > Vergleich von Angaben zur CO<sub>2</sub>-Intensität der Stromproduktion aus verschiedenen Quellen.**

*In der Berechnung der CO<sub>2</sub>-Intensitäten für Stromimporte gemäss OECD-Systematik gibt es verschiedene Unsicherheiten. Zum einen erscheinen die CO<sub>2</sub>-Intensitäten deutlich unterschätzt. Zum anderen scheinen die angegebenen Preise für Stromexporte auf Hochspannungsniveau deutlich überschätzt. Dies führt in der Summe zu einer deutlichen Unterschätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Stromimporten mit der OECD-Methode.*

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	Verkaufsvolumina im Jahr 2000	CO <sub>2</sub> -Intensität, Ökobilanz	Direkte Emission total	CO <sub>2</sub> -Intensität, direkt, 2000	CO <sub>2</sub> -Intensität, 1995	Preis, Exporte	Preis, Import
	GWh	g CO <sub>2</sub> /kWh	t CO <sub>2</sub>	g CO <sub>2</sub> /kWh	g CO <sub>2</sub> /kWh	\$cents/kWh	Rp./kWh
DE	529'000	647	267'000'000	505	430	7.3	
FR	516'000	79	25'300'000	49	40	4.8	
IT	263'000	599	138'000'000	525	450	9.4	
AT	53'000	257	10'700'000	202	kA	8	
CH Import							4.9
Quellen		ecoinvent Datenbank	Eurelectric	Eurelectric	OECD-Studie (Tab. B-3, S. 57)	OECD-Studie	Elektrizitätsstatistik

Quellen: Ahmad & Wyckoff 2003; BFE 1999; 2001; ecoinvent Centre 2006; EURELECTRIC & UCTE 2002

### 8.3.3 Exporte

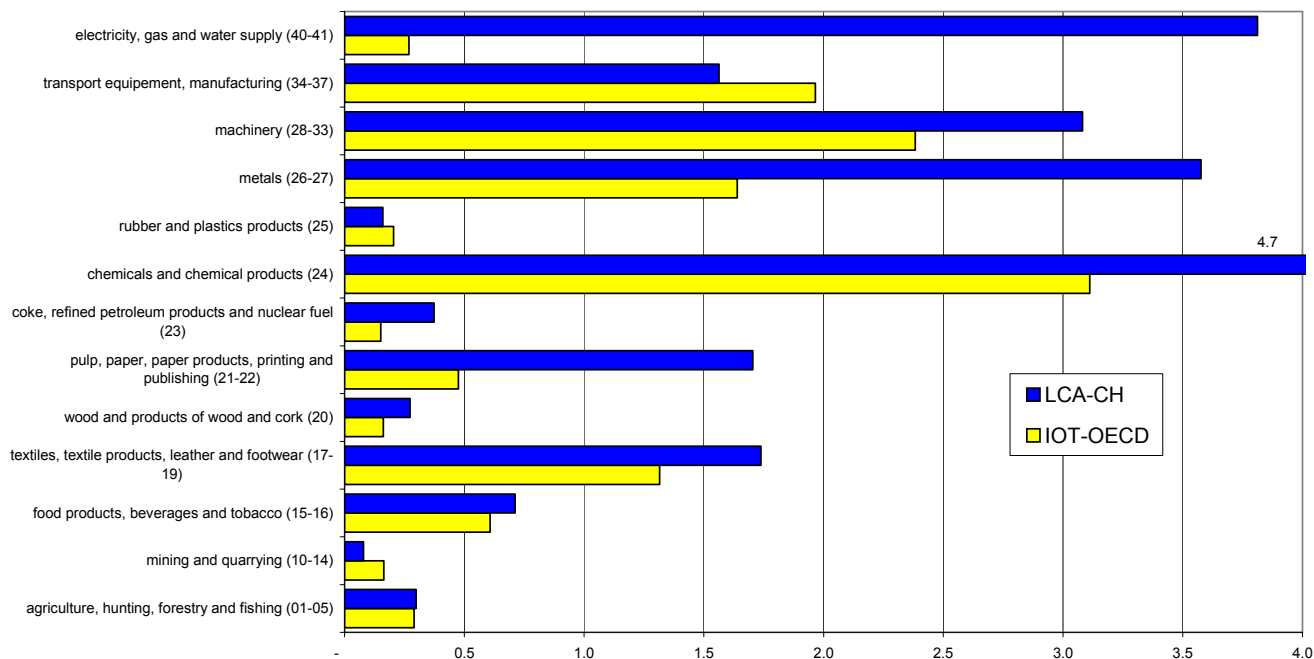
In Abb. 34 werden die Ergebnisse der beiden Methoden für die Exporte von CO<sub>2</sub> verglichen. Bei der Aufteilung auf Branchen gibt es eine relativ grosse Ungenauigkeit, da die Daten mehrmals zwischen drei verschiedenen Branchensystematiken hin und her transformiert werden müssen.

Auf Grundlage von Ökobilanzdaten betragen die CO<sub>2</sub>-Exporte 22 Mio. Tonnen. Die Berechnung mit den Input-Output Tabellen gemäss OECD-Systematik ergibt nur knapp 13 Mio. Tonnen. Ein Teil des Unterschiedes kann mit der Vernachlässigung von Emissionen aus Transporten und Dienstleistungen in der OECD-Systematik erklärt werden.

Auch hier zeigen sich grosse Unterschiede vor allem für die Bewertung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Stromexporten. Die Berechnung auf Grundlage der tatsächlich gehandelten Strommenge weist deutlich höhere Werte ergibt als die Berechnung auf Grundlage von wirtschaftlichen Daten.

**Abb. 34 > Vergleich der Berechnung für Exporte von CO<sub>2</sub> im Jahr 1995 (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>/a).**

Hier werden die Ergebnisse des Bottom-Up-Ansatzes (LCA-CH) mit den Ergebnissen einer Berechnung nach OECD-Systematik verglichen. Die Nummern einzelner Branchen beziehen sich auf die ISIC Systematik. Die Warengruppen der Input-Output-Analyse werden hierzu auf die Gruppen gemäss ISIC Systematik aufgeteilt. Aufgrund von Zuordnungsproblemen muss die Zahl der Sektoren weiter zusammengefasst werden.



Quelle: Berechnung ESU-services GmbH



#### 8.3.4 Fazit

Die Berechnung der grauen CO<sub>2</sub>-Emissionen mit Hilfe der OECD-Systematik bestätigt grundsätzlich die grosse Wichtigkeit von Handelsbeziehungen für die Gesamtbilanz der Treibhausgas-Emissionen der Schweiz. Hinsichtlich der Grössenordnung und Bedeutung einzelner Branchen kommen die zwei in dieser Studie unabhängig voneinander gerechneten Ansätze zu sehr ähnlichen Ergebnissen. Gemäss der Berechnung auf Grundlage von Ökobilanzdaten beträgt der Saldo für Waren und Strom 25.8 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>. Die Berechnung gemäss der OECD-Systematik ergibt 26 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> für das Jahr 1995.

Vor allem im Fall des Stromhandels gibt es sehr grosse Unterschiede zwischen den beiden Ansätzen, die wohl auf Ungenauigkeiten bzw. fehlende Daten in der Betrachtungsweise der OECD zurückzuführen sind. Der Vergleich beider Ansätze zeigt zudem, dass die CO<sub>2</sub>-Intensitäten für einzelne Branchen mit der Methodik des Bottom-Up-Ansatzes (Aussenhandelsstatistik kombiniert mit Ökobilanzdaten) evtl. noch leicht unterschätzt werden. Ein Grossteil der Importe in die Schweiz stammt aus umliegenden Industrieländern. Der in der OECD-Studie beschriebene Effekt höherer CO<sub>2</sub>-Intensitäten pro Dollar in weniger entwickelten Ländern scheint daher im Jahr 1995 (noch) keine allzu grosse Rolle zu spielen.

Die hohe Bedeutung von Importen und Exporten für die Treibhausgasbilanz der Schweiz erscheint auf den ersten Blick aussergewöhnlich. Die Ergebnisse können aber plausibel erklärt werden. Das Gesamtgewicht der Wareimporte ist deutlich höher als das Gewicht der Exporte. Gemäss Input-Output-Tabelle geht etwa die Hälfte der importierten grauen Emissionen direkt in den Endkonsum und kann somit nicht mehr exportiert werden. Exporte der Schweiz erhalten deshalb eine vergleichsweise geringe CO<sub>2</sub>-Intensität.

Die Pro-Kopf-Emissionen der Schweiz liegen unter Berücksichtigung der grauen Emissionen in ähnlicher Grössenordnung wie diejenigen anderer Industrieländer. Die Schweiz nimmt hier also keine Sonderrolle ein. Vielmehr werden die regionalen Unterschiede auf Grund unterschiedlicher Wirtschaftsstrukturen ausgeglichen, wenn der tatsächliche Warenkonsum und damit das Wohlstandsniveau berücksichtigt wird. Auch ein Vergleich der Grössenordnungen von grauen Treibhausgas-Emissionen mit Ländern vergleichbarer Grösse ergibt keine ausserordentlich hohen Werte für die Schweiz.

## 9 > Folgerungen

*In diesem Kapitel werden die Hauptergebnisse der Studie zusammengefasst. Ausserdem wird aufgezeigt, wie und in welchen Bereichen Studien zu diesem Thema zukünftig aktualisiert und verbessert werden können.*

### 9.1 **Ergebnisse der Studie für das Jahr 1998 werden bestätigt und Schwachpunkte beseitigt**

Die vorliegende Studie bestätigt die Ergebnisse einer Studie aus dem Jahr 2000 (Frischknecht & Jungbluth 2000). Damals wurden die Gesamtemissionen von Treibhausgasen für das Jahr 1998 auf etwa 90 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq geschätzt. Gemäss den nun vorliegenden, detaillierteren Berechnungen betragen die Emissionen 90.4 Mio. Tonnen. Auch die früheren Ergebnisse für den Energie- und den Ernährungssektor (13.7 bzw. 4.3 Mio. Tonnen) werden durch diese umfassende Aufdatierung (12.8 bzw. 4.5 Mio. Tonnen) bestätigt.

Wesentliche Schwachpunkte der vorhergehenden Studie konnten nun durch eine bessere Datengrundlage ausgemerzt werden. Insbesondere wurden nun alle Warenimporte und Exporte systematisch und einheitlich erfasst und die grauen Treibhausgas-Emissionen mit Ökobilanzdaten bestimmt. Dabei hat sich gezeigt, dass eine Beschränkung auf den Energie- und Ernährungssektor nicht gerechtfertigt ist. Ausserdem wurden die Ergebnisse mit einer zweiten Berechnungsmethode auf Grundlage von Input-Output-Tabellen verifiziert, so dass grobe Fehler ausgeschlossen werden können.

Ausserdem wird die Analyse erstmals über eine geschlossene Zeitreihe von 1990 bis 2004 durchgeführt. Auf diese Weise können Fehlinterpretationen aufgrund schwankender Ergebnisse für zufällig herausgegriffene Jahre vermieden werden. Damit liegt nun erstmals eine (fast) vollständige Bilanz der grauen Treibhausgas-Emissionen für die Schweiz vor.

### 9.2 **Die grauen Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors nehmen zu**

Die grauen Treibhausgas-Emissionen des Energiesektors sind zwischen 1990 und 2004 unter Anwendung einer einheitlichen Datenbasis (ecoinvent Datenbestand v1.2) um insgesamt knapp 22% angestiegen, wobei der Anstieg nach 1998 deutlich abgeflacht ist (Zunahme um knapp 4% seit 1998). Für 2004 sind insgesamt knapp 13 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq zu verzeichnen. Hauptursache für die Steigerung sind einerseits eine Zunahme des Energiebedarfs im Verkehr (um gut 8% zwischen 1990 und 1998, 0.2% zwischen 1998 und 2004) und in der Industrie (7.5% bzw. 7.0%) und andererseits ein

starker Zuwachs des Stromhandels (Zunahme der Einfuhrmenge: 64% bzw. 0.7%). Diese Betrachtung lässt allerdings Effizienzsteigerungen in den Bereitstellungsketten unberücksichtigt, die in den vergangenen 15 Jahre erzielt worden sind.

Berücksichtigt man für 1990 die grauen Treibhausgas-Emissionen gemäss den früheren Ökobilanzdaten (Ökoinventare von Energiesystemen, 1996), so zeigt sich, dass die grauen Treibhausgas-Emissionen zwischen 1990 und 1998 trotz zunehmendem Energiebedarf und Stromhandel praktisch konstant geblieben sind. Effizienzsteigerungen und damit Emissionsreduktionen bei der Gewinnung von Erdöl und in fossilen Kraftwerken wurden in diesem Zeitraum durch die Zunahme des Energiebedarfs und des Strom-Handelsvolumens kompensiert.

Die allgemeine Tendenz eines zunehmenden Stromhandels wird von den jährlich schwankenden hydrologischen Bedingungen überlagert. Das Stromhandelsvolumen ist stark von den Erzeugungsmöglichkeiten in Wasserkraftwerken und damit von der Wasserverfügbarkeit abhängig. Niederschlags- und/oder schmelzwasserreiche Jahre wie 2001 oder 2003 führen zu überdurchschnittlichen, eher wasserärmere Jahre wie 2004 zu unterdurchschnittlichen Stromhandelsvolumen (siehe auch Unterkapitel 3.4.3 *Sensitivitätsanalyse Gesamtenergiesektor 2003*). Damit verbunden variieren auch die grauen Treibhausgas-Emissionen des Stromhandels beträchtlich.

### 9.3 **Stromhandel verhilft Nachbarländern zu einer verbesserten Klimabilanz**

Mit dem internationalen Stromhandel importiert die Schweiz zwar graue Treibhausgas-Emissionen (rund 5 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq). Auf der anderen Seite führt der Stromexport zu einer Reduktion der grauen Treibhausgas-Emissionen in den umliegenden Ländern. Deutschland und Italien können so ihre Bilanz um insgesamt rund 17 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq verringern, falls der Strom ansonsten mit dem deutschen beziehungsweise italienischen Strommix hätte bereit gestellt werden müssen. Durch die Intensivierung des Stromhandels infolge der fortschreitenden Liberalisierung wird die Bedeutung der Nettoimporte von grauen Treibhausgasen und auch der «transferred benefits» in Zukunft weiter zunehmen.

### 9.4 **Die Einfuhr von Konsumgütern trägt massgeblich zu den grauen Treibhausgas-Emissionen der Schweiz bei**

Durch Konsum und Handel der in der Schweiz ansässigen Bevölkerung und Unternehmen werden graue Treibhausgas-Emissionen in der Höhe von insgesamt rund 40 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq (netto) verursacht. Zu den rund 52 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq inländischen, weissen Treibhausgas-Emissionen werden also zusätzliche rund 78% im Ausland verursacht. In der Gesamtbilanz der Warenströme betragen die importierten grauen Treibhausgas-Emissionen rund 68 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. Dem stehen Exporte in einer Grössenordnung von knapp 29 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq gegenüber.

Die höchste Relevanz für die Höhe der grauen Treibhausgas-Emissionen hat der Aussenhandel mit Waren und Strom. Besonders wichtig sind die Warengruppen «Fertigwaren» und «bearbeitete Waren», «Chemikalien» sowie «Energieträger und Strom». Namhafte Treibhausgas-Exporte sind im wesentlichen in denselben Warengruppen zu verzeichnen. Der Export von Treibhausgas-Emissionen durch den Finanzsektor ist aufgrund der tiefen Treibhausgas-Intensität sehr bescheiden.

#### 9.5 **Flugtransporte sind im Saldo für rund 2.5% der grauen Treibhausgas-Emissionen verantwortlich**

Die Schweiz verursacht (importiert) durch die Inanspruchnahme von Flugtransportdienstleistungen graue Treibhausgas-Emissionen in der Höhe von ca. 5.0 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq, bei direkten (weissen) Emissionen von lediglich 1.2 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq. Da jedoch ein guter Teil der Flugtransportdienstleistungen ab schweizerischen Flughäfen exportiert wird – diese exportierten Emissionen belaufen sich auf rund 4.0 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq. –, resultiert im Saldo ein Nettoimport von knapp 1.0 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq. Darin sind insbesondere die Emissionen der Rückflüge der Inländer zurück in die Schweiz (als Importe) und die Rück- und Transferflüge von Reisenden mit Domizil im Ausland (als Exporte) enthalten.

#### 9.6 **Die Auswertung nach OECD-Systematik bestätigt für die Schweiz substantielle graue Netto-CO<sub>2</sub>-Importe**

Eine Bilanzierung gemäss der OECD-Systematik auf Grundlage von wirtschaftlichen Input-Output-Tabellen ergibt bezüglich der Nettoimporte von CO<sub>2</sub> ein sehr ähnliches Bild wie die Ökobilanz basierte Berechnung. Die Nettoimporte grauer CO<sub>2</sub>-Emissionen betragen rund 63% der weissen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schweiz im Jahr 1995. Damit wird die Grundaussage bestätigt, dass die Bewohnerinnen und Bewohner der Schweiz durch ihren Konsum in bedeutendem Ausmass CO<sub>2</sub>- beziehungsweise Treibhausgas-Emissionen im Ausland verursachen.

#### 9.7 **Verschiedene methodische Ansätze führen zu vergleichbaren Ergebnissen**

In dieser Studie werden die grauen Treibhausgas-Emissionen mit zwei unterschiedlichen methodischen Ansätzen bestimmt. Der Bottom-Up-Ansatz geht von den Warengruppen der Aussenhandelsstatistik aus und bestimmt die spezifischen Treibhausgasintensitäten verschiedener Warengruppen mit Hilfe von Ökobilanzen. Im Top-Down-Ansatz dienen Wirtschaftsverflechtungen als Basis für die Bestimmung. Die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden aufgrund dieser Verflechtung auf einzelne Wirtschaftsektoren heruntergebrochen und dann mit entsprechenden Daten einer Reihe weiterer Länder verknüpft.

Beide Ansätze haben spezifische Vor- und Nachteile, kommen aber im Gesamtergebnis zu einem sehr ähnlichen Resultat. Dabei ist die Datenbasis für den Bottom-Up-Ansatz für schweizerische Verhältnisse deutlich verlässlicher und umfangreicher.

Die hohe Bedeutung von Importen und Exporten für die Treibhausgasbilanz der Schweiz erscheint auf den ersten Blick aussergewöhnlich. Die Ergebnisse können aber plausibel begründet werden. Das Gesamtgewicht der Warenimporte ist deutlich höher als das Gewicht der Exporte. Gemäss Input-Output-Tabelle geht etwa die Hälfte der importierten grauen Emissionen direkt in den Endkonsum und kann somit nicht mehr exportiert werden. Exporte der Schweiz sind deshalb mit einer vergleichsweise geringe CO<sub>2</sub>-Intensität verbunden.

Die Pro-Kopf-Emissionen der Schweiz liegen unter Berücksichtigung der grauen Emissionen in ähnlicher Grössenordnung wie die anderer Industrieländer. Die Schweiz nimmt hier also keine Sonderrolle ein. Vielmehr werden die regionalen Unterschiede auf Grund unterschiedlicher Wirtschaftsstrukturen ausgeglichen, wenn der tatsächliche Warenkonsum und damit das Wohlstandsniveau berücksichtigt wird. Auch ein Vergleich der Grössenordnungen von grauen Treibhausgas-Emissionen mit Ländern vergleichbarer Grösser ergibt keine ausserordentlich hohen Werte für die Schweiz.

## 9.8 **Ausblick**

Die Analyse hat gezeigt, dass die grauen Treibhausgas-Emissionen jährlichen Schwankungen unterworfen sind. Es scheint deshalb angezeigt, die Trends hierzu auch in den folgenden Jahren weiter zu verfolgen.

### 9.8.1 **Forschungsbedarf Bottom-Up-Analyse**

Für eine zukünftige Fortschreibung müssen jeweils die aktuellen Daten zum Aussenhandel verwendet werden, die problemlos verfügbar sind. Einen grösseren Aufwand bedeutet die Aufdatierung der Ökobilanzdaten, die im Rahmen einer solchen Studie nicht einfach bewerkstelligt werden kann. Hierzu sind entsprechende Grundlagenarbeiten zu berücksichtigen. Insbesondere der (umwelt-)technischen Entwicklung und Effizienzsteigerung muss bei einer solchen Aufdatierung Rechnung getragen werden.

Relevante Datenlücken bei den Ökobilanzen gibt es insbesondere für die Warengruppen Stoffe, Textilien und Bekleidung. Elektrotechnische und elektronische Produkte wurden nur grob abgeschätzt. Auch die für die Schweizer Exporte relativ wichtigen hochwertigen technischen Produkte und Maschinen sind in Ökobilanzen noch nicht genügend detailliert untersucht. Hier wären systematische Erhebungen für weitere, bisher wenig untersuchte Warengruppen nützlich. Der Vergleich mit den Ergebnissen der Input-Output-Analyse deutet darauf hin, dass die Emissionsfaktoren für diese Warengruppen mit dem Bottom-Up-Ansatz eher unterschätzt werden.

Dem Dienstleistungsbereich kommt nach dieser Untersuchung eher eine geringe Bedeutung zu (mit Ausnahme der Transportdienstleistungen). Die vorhandenen Ökobilanzdaten sind für diesen Bereich nur schwer mit den ökonomischen Daten zu verknüpfen. Hier könnte die Bilanzierungsgenauigkeit wohl eher durch eine Analyse von Input-Output Daten erhöht werden (siehe Abschnitt 9.8.2 *Forschungsbedarf Top-Down-Analyse*).

### 9.8.2 Forschungsbedarf Top-Down-Analyse

Die Datengrundlage für Top-Down Analysen wurde durch die kürzlich erfolgte Veröffentlichung einer Input-Output-Tabelle für das Jahr 2001 deutlich verbessert (Nathani et al. 2006). Für zukünftige Auswertungen im Top-Down-Ansatz müssen die statistischen Grundlagen für die Schweiz aber weiter ausgebaut werden.

Für eine vollständige und vergleichbare Analyse müssten alle relevanten Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz gemäss der Systematik dieser Tabelle erfasst und in die Tabelle integriert werden. Ausserdem müssten die Verknüpfungen mit den entsprechenden ausländischen Tabellen durchgeführt werden. Hierzu gibt es bisher nur erste Ansätze für Energieanalysen, nicht aber für eine Analyse von Treibhausgas-Emissionen oder Umweltbelastungen insgesamt.

Eine solche Analyse würde helfen, die Ergebnisse aus dem Bottom-Up-Ansatz weiter zu verifizieren und Schwachpunkte aufzudecken. Insbesondere könnte die Bedeutung der verschiedenen Bereiche des Dienstleistungssektors für die Gesamtbilanz besser abgeschätzt werden. Ausserdem kann abgeschätzt werden, für welche Branchen die Ökobilanzdaten die Emissionen evtl. systematisch unterschätzen. Mit der Input-Output-Tabelle sind auch Analysen über den Entstehungsort der grauen Treibhausgas-Emissionen einfacher möglich, und die importierten Emissionen können den verursachenden Wirtschaftsbranchen bzw. den verschiedenen Bereichen des Endkonsums zugeordnet werden.

# > Anhang

## > A1 Emissionen des gesamten schweizerischen Energiesektors aufgeschlüsselt nach Energieprodukten

**Tab. 44 > Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 1990.**

Gesamtenergiesektor 1990 1000 t	Erdölprodukte	Erdgas	Steinkohle & Steinkohlenkoks	Uran	Stromhandel	Total
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	5'062	418	127	163	3'748	9'519
CH <sub>4</sub> Methan	24.9	8.9	3.8	0.4	7.2	45.2
N <sub>2</sub> O Lachgas	7.31E-02	6.58E-03	6.30E-03	7.64E-03	9.93E-02	1.93E-01
HFC Fluorierte KWs	4.34E-05	5.05E-06	2.48E-06	4.33E-05	-3.42E-06	9.08E-05
PFC Perfluorierte KWs	3.68E-05	6.74E-06	2.11E-05	2.31E-05	2.50E-05	1.13E-04
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.23E-04	3.83E-06	4.60E-06	2.76E-06	6.70E-06	1.41E-04
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>5'660</b>	<b>624</b>	<b>217</b>	<b>174</b>	<b>3'943</b>	<b>10'618</b>
	53 %	5.9 %	2.0 %	1.6 %	37 %	100 %

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

**Tab. 45 > Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 1998.**

Gesamtenergiesektor 1998 1000 t	Erdölprodukte	Erdgas	Steinkohle & Steinkohlenkoks	Uran	Stromhandel	Total
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	5'404	656	45	179	4'574	10'858
CH <sub>4</sub> Methan	43.0	14.0	0.9	0.4	8.3	66.6
N <sub>2</sub> O Lachgas	6.53E-02	1.02E-02	2.21E-03	8.33E-03	1.21E-01	2.07E-01
HFC Fluorierte KWs	3.83E-05	7.62E-06	7.68E-07	4.73E-05	-8.91E-06	8.51E-05
PFC Perfluorierte KWs	3.40E-05	1.01E-05	7.13E-06	2.52E-05	2.68E-05	1.03E-04
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.10E-04	5.81E-06	1.55E-06	3.01E-06	5.94E-06	1.27E-04
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>6'416</b>	<b>981</b>	<b>66</b>	<b>192</b>	<b>4'801</b>	<b>12'455</b>
	52 %	7.9 %	0.5 %	1.5 %	39 %	100 %

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

**Tab. 46 > Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 2003.**

Gesamtenergiesektor 2003 1000 t	Erdölprodukte	Erdgas	Steinkohle & Steinkohlenkoks	Uran	Stromhandel	Total
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	5'019	692	54	188	6'264	12'217
CH <sub>4</sub> Methan	30.2	14.7	1.0	0.4	11.7	57.9
N <sub>2</sub> O Lachgas	6.67E-02	1.11E-02	2.76E-03	8.89E-03	1.63E-01	2.52E-01
HFC Fluorierte KWs	4.01E-05	8.31E-06	1.06E-06	5.04E-05	-7.15E-06	9.27E-05
PFC Perfluorierte KWs	3.55E-05	1.14E-05	9.50E-06	2.69E-05	3.13E-05	1.15E-04
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.15E-04	5.93E-06	1.97E-06	3.21E-06	8.09E-06	1.35E-04
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>5'735</b>	<b>1'032</b>	<b>79</b>	<b>201</b>	<b>6'581</b>	<b>13'628</b>
	42 %	7.6 %	0.6 %	1.5 %	48 %	100 %

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

**Tab. 47 > Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 2004.**

Gesamtenergiesektor 2004 1000 t	Erdölprodukte	Erdgas	Steinkohle & Steinkohlenkoks	Uran	Stromhandel	Total
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	5'462	701	54	185	5'030	11'433
CH <sub>4</sub> Methan	36.6	15.0	0.9	0.4	9.4	62.4
N <sub>2</sub> O Lachgas	8.04E-02	1.13E-02	2.78E-03	8.71E-03	1.27E-01	2.31E-01
HFC Fluorierte KWs	4.93E-05	8.50E-06	1.06E-06	4.94E-05	-5.99E-06	1.02E-04
PFC Perfluorierte KWs	4.11E-05	1.17E-05	9.58E-06	2.63E-05	2.97E-05	1.18E-04
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.39E-04	6.05E-06	1.96E-06	3.15E-06	7.21E-06	1.57E-04
<b>CO<sub>2</sub>-eq</b>	<b>6'332</b>	<b>1'050</b>	<b>77</b>	<b>198</b>	<b>5'284</b>	<b>12'940</b>
	49 %	8.1 %	0.6 %	1.5 %	41 %	100 %

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.



> **A2 Emissionen des gesamten schweizerischen Energiesektors aufgeschlüsselt nach Treibhausgas-Inventar-Sektoren**

**Tab. 48 > Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 1990.**

1000 t	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	CO <sub>2</sub> -eq.
Total Energy							
<b>A. Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)</b>	<b>9'519</b>	<b>45</b>	<b>1.93E-01</b>	<b>9.08E-05</b>	<b>1.13E-04</b>	<b>1.41E-04</b>	<b>10'618</b>
<b>1. Energy Industries</b>	3'994	9	1.08E-01	4.06E-05	4.93E-05	1.10E-05	4'226
a. Public Electricity and Heat Production	3'965	8	1.08E-01	4.04E-05	4.91E-05	1.04E-05	4'191
b. Petroleum Refining	29.0	0.3	4.35E-04	1.64E-07	1.77E-07	6.36E-07	35.2
<b>2. Manufacturing Industries and Construction</b>	502	8.4	1.18E-02	5.74E-06	2.37E-05	1.13E-05	699
a. Iron and Steel	10.1	0.17	2.97E-04	1.63E-07	9.53E-07	2.46E-07	14
Industrial combustion (Sum of 2.b, 2.c, 2.d, 2.e)	491	8.3	1.15E-02	5.58E-06	2.27E-05	1.10E-05	685
<b>3. Transport</b>	2'509	11	3.32E-02	2.22E-05	1.94E-05	5.84E-05	2'767
a. Civil Aviation	41.5	0.22	6.35E-04	3.47E-07	2.80E-07	1.01E-06	47
b. Road Transportation	2'452	10	3.24E-02	2.17E-05	1.91E-05	5.70E-05	2'703
c. Railways	4.09	0.022	6.77E-05	3.72E-08	2.94E-08	1.10E-07	4.6
d. Navigation	11.0	0.06	1.72E-04	9.94E-08	8.08E-08	2.86E-07	12
Total Energy incl. Bunkers	9'928	47	1.99E-01	9.42E-05	1.15E-04	1.51E-04	11'081
<b>4. Other Sectors</b>	2'401	17	3.79E-02	2.13E-05	1.94E-05	5.70E-05	2'800
a. Commercial/Institutional	804	5.6	1.26E-02	7.08E-06	6.23E-06	1.91E-05	936
b. Residential	1'504	11	2.38E-02	1.33E-05	1.25E-05	3.56E-05	1'758
c. Agriculture/Forestry/Fisheries	94	0.50	1.45E-03	8.45E-07	7.04E-07	2.37E-06	106
<b>5. Other (please specify)</b>	113	0.57	1.74E-03	1.02E-06	8.33E-07	2.90E-06	126
<b>B. Fugitive Emissions from Fuels</b>	-	-	-	-	-	-	-
2. Industrielle Prozesse							
3. Lösungsmittel							
4. Landwirtschaft							
5. Landnutzungsänderung/Forstwirtschaft							
6. Abfall							
<b>Memo Items:</b>							
International Bunkers	409	2.2	6.36E-03	3.40E-06	2.72E-06	1.01E-05	462
Aviation	409	2.2	6.36E-03	3.40E-06	2.72E-06	1.01E-05	462
Total Netto (ohne Bunkerung)	9'519	45	1.93E-01	9.08E-05	1.13E-04	1.41E-04	10'618

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

Tab. 49 &gt; Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 1998.

1000 t	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	CO <sub>2</sub> -eq.
<b>Total Energy</b>							
<b>A. Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)</b>	<b>10'858</b>	<b>67</b>	<b>2.07E-01</b>	<b>8.44E-05</b>	<b>1.03E-04</b>	<b>1.24E-04</b>	<b>12'455</b>
<b>1. Energy Industries</b>	4'928	12	1.32E-01	3.89E-05	5.26E-05	9.13E-06	5'246
a. Public Electricity and Heat Production	4'855	11	1.31E-01	3.92E-05	5.29E-05	1.04E-05	5'137
b. Petroleum Refining	73.2	1.5	8.79E-04	-3.01E-07	-3.18E-07	-1.25E-06	108.5
<b>2. Manufacturing Industries and Construction</b>	583	9.7	9.60E-03	5.40E-06	1.24E-05	9.45E-06	808
a. Iron and Steel	8.8	0.15	2.30E-04	1.31E-07	6.69E-07	1.82E-07	12
Industrial combustion (Sum of 2.b, 2.c, 2.d, 2.e)	574	9.5	9.37E-03	5.27E-06	1.17E-05	9.26E-06	796
<b>3. Transport</b>	2'636	17	2.90E-02	1.97E-05	1.81E-05	5.13E-05	3'047
a. Civil Aviation	35.2	0.28	4.65E-04	2.52E-07	2.10E-07	7.51E-07	42
b. Road Transportation	2'586	17	2.84E-02	1.93E-05	1.78E-05	5.03E-05	2'987
c. Railways	3.93	0.039	4.96E-05	2.50E-08	2.14E-08	8.10E-08	4.8
d. Navigation	10.5	0.10	1.29E-04	6.98E-08	6.11E-08	2.14E-07	13
Total Energy incl. Bunkers	11'425	71	2.15E-01	8.85E-05	1.06E-04	1.36E-04	13'131
<b>4. Other Sectors</b>	2'600	26	3.56E-02	1.98E-05	1.88E-05	5.19E-05	3'221
a. Commercial/Institutional	890	8.9	1.22E-02	6.71E-06	6.26E-06	1.80E-05	1'098
b. Residential	1'611	17	2.22E-02	1.24E-05	1.19E-05	3.20E-05	2'002
c. Agriculture/Forestry/Fisheries	100	0.90	1.23E-03	6.87E-07	6.13E-07	2.02E-06	121
<b>5. Other (please specify)</b>	110	0.96	1.33E-03	7.45E-07	6.57E-07	2.23E-06	133
<b>Memo Items:</b>							
International Bunkers	567	4.6	7.65E-03	4.03E-06	3.31E-06	1.22E-05	676
Aviation	567	4.6	7.65E-03	4.03E-06	3.31E-06	1.22E-05	676
<b>Total Netto (ohne Bunkerung)</b>	<b>10'858</b>	<b>67</b>	<b>2.07E-01</b>	<b>8.44E-05</b>	<b>1.03E-04</b>	<b>1.24E-04</b>	<b>12'455</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

**Tab. 50 > Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 2003.**

1000 t	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	CO <sub>2</sub> -eq.
<b>Total Energy</b>							
<b>A. Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)</b>	<b>12'217</b>	<b>58</b>	<b>2.52E-01</b>	<b>9.27E-05</b>	<b>1.15E-04</b>	<b>1.35E-04</b>	<b>13'628</b>
<b>1. Energy Industries</b>	6'577	14	1.73E-01	4.43E-05	5.94E-05	1.36E-05	6'955
a. Public Electricity and Heat Production	6'503	13	1.72E-01	4.38E-05	5.89E-05	1.19E-05	6'855
b. Petroleum Refining	74.0	1.1	1.12E-03	4.49E-07	4.07E-07	1.77E-06	100.0
<b>2. Manufacturing Industries and Construction</b>	664	8.7	1.19E-02	6.64E-06	1.56E-05	1.32E-05	868
a. Iron and Steel	29.0	0.46	5.57E-04	3.41E-07	1.00E-06	5.08E-07	40
Industrial combustion (Sum of 2.b, 2.c, 2.d, 2.e)	635	8.2	1.13E-02	6.30E-06	1.46E-05	1.27E-05	828
<b>3. Transport</b>	2'607	13	3.15E-02	2.14E-05	1.96E-05	5.66E-05	2'921
a. Civil Aviation	28.7	0.17	4.14E-04	2.33E-07	1.96E-07	6.87E-07	33
b. Road Transportation	2'547	13	3.06E-02	2.09E-05	1.92E-05	5.51E-05	2'851
c. Railways	12.62	0.087	1.84E-04	9.78E-08	8.32E-08	3.09E-07	14.7
d. Navigation	18.9	0.13	2.49E-04	1.45E-07	1.30E-07	4.33E-07	22
Total Energy incl. Bunkers	12'682	61	2.59E-01	9.64E-05	1.18E-04	1.46E-04	14'161
<b>4. Other Sectors</b>	2'280	21	3.40E-02	1.96E-05	1.95E-05	4.91E-05	2'780
a. Commercial/Institutional	698	7.0	1.05E-02	6.15E-06	6.24E-06	1.45E-05	862
b. Residential	1'477	14	2.20E-02	1.27E-05	1.25E-05	3.21E-05	1'796
c. Agriculture/Forestry/Fisheries	105	0.71	1.48E-03	8.35E-07	7.34E-07	2.48E-06	122
<b>5. Other (please specify)</b>	90	0.62	1.27E-03	7.14E-07	6.30E-07	2.12E-06	105
<b>Memo Items:</b>							
International Bunkers	464	2.9	6.86E-03	3.76E-06	3.12E-06	1.13E-05	533
Aviation	464	2.9	6.86E-03	3.76E-06	3.12E-06	1.13E-05	533
Total Netto (ohne Bunkerung)	12'217	58	2.52E-01	9.27E-05	1.15E-04	1.35E-04	13'628

Quelle: Berechnungen ESU-services.

Tab. 51 &gt; Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 2004.

1000 t	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	CO <sub>2</sub> -eq.
<b>Total Energy</b>							
<b>A. Fuel Combustion Activities (Sectoral Approach)</b>	<b>11'433</b>	<b>62</b>	<b>2.31E-01</b>	<b>1.02E-04</b>	<b>1.18E-04</b>	<b>1.57E-04</b>	<b>12'940</b>
<b>1. Energy Industries</b>	5'339	12	1.38E-01	4.44E-05	5.72E-05	1.25E-05	5'654
a. Public Electricity and Heat Production	5'265	11	1.37E-01	4.40E-05	5.68E-05	1.09E-05	5'553
b. Petroleum Refining	73.8	1.1	1.03E-03	4.46E-07	3.97E-07	1.62E-06	100.6
<b>2. Manufacturing Industries and Construction</b>	697	9.2	1.29E-02	7.40E-06	1.58E-05	1.50E-05	913
a. Iron and Steel	28.4	0.45	5.21E-04	3.30E-07	7.51E-07	4.97E-07	39
Industrial combustion (Sum of 2.b, 2.c, 2.d, 2.e)	669	8.7	1.24E-02	7.07E-06	1.50E-05	1.45E-05	874
<b>3. Transport</b>	2'817	17	3.77E-02	2.55E-05	2.22E-05	6.71E-05	3'214
a. Civil Aviation	30.5	0.21	4.92E-04	2.85E-07	2.25E-07	8.26E-07	35
b. Road Transportation	2'752	16	3.66E-02	2.50E-05	2.17E-05	6.53E-05	3'138
c. Railways	14.16	0.107	2.27E-04	1.26E-07	1.00E-07	3.83E-07	16.7
d. Navigation	20.6	0.15	2.94E-04	1.76E-07	1.50E-07	5.11E-07	24
Total Energy incl. Bunkers	11'928	66	2.39E-01	1.07E-04	1.22E-04	1.71E-04	13'517
<b>4. Other Sectors</b>	2'480	24	4.05E-02	2.40E-05	2.26E-05	6.03E-05	3'042
a. Commercial/Institutional	745	7.7	1.22E-02	7.32E-06	6.95E-06	1.75E-05	925
b. Residential	1'619	15	2.66E-02	1.57E-05	1.48E-05	3.98E-05	1'981
c. Agriculture/Forestry/Fisheries	116	0.86	1.80E-03	1.04E-06	8.61E-07	3.03E-06	137
<b>5. Other (please specify)</b>	100	0.75	1.54E-03	8.93E-07	7.39E-07	2.59E-06	117
<b>Memo Items:</b>							
International Bunkers	495	3.4	8.18E-03	4.65E-06	3.62E-06	1.36E-05	577
Aviation	495	3.4	8.18E-03	4.65E-06	3.62E-06	1.36E-05	577
<b>Total Netto (ohne Bunkerung)</b>	<b>11'433</b>	<b>62</b>	<b>2.31E-01</b>	<b>1.02E-04</b>	<b>1.18E-04</b>	<b>1.57E-04</b>	<b>12'940</b>

Quelle: Berechnungen ESU-services.

> **A3 Stromproduktion und Emissionsfaktoren der berücksichtigten europäischen Länder**

**Tab. 52 > Stromproduktion und Emissionsfaktoren der für den Schweizer Importstrom relevanten Länder für 1990.**

Die obere Hälfte der Tabelle zeigt die Stromproduktion aufgeschlüsselt nach Technologien, die zu den Emissionsfaktoren im unteren Teil der Tabelle führen.

Stromproduktion 1990	Frankreich	Deutschland	Italien	Österreich	UCPTE
<b>Produktion (GWh)</b>					
Steinkohle	27'014	129'511	28'684	3'734	283'388
Braunkohle	2'400	75'550	1'067	2'268	161'980
Heizöl EL	0	0	0	0	0
Heizöl S	8'311	10'091	96'725	2'032	149'100
Erdgas	2'668	33'583	36'814	6'970	123'900
Andere Gase <sup>a)</sup>	3'713	8'640	3'284	775	22'820
Andere Brennstoffe <sup>b)</sup>	0	0	0	0	0
Total fossilthermisch	44'106	257'375	166'574	15'779	741'188
Total Kernkraft	297'949	139'234	0	0	559'667
Umwälzwasserkraft	2'700	855	1'772	1'508	11'042
Laufwasserkraft	29'155	16'160	12'978	22'591	106'759
Speicherkraftwerke	25'365	1'146	22'876	7'911	116'587
Total Wasserkraft	54'520	17'306	35'854	30'502	223'346
Photovoltaik, netzgekoppelt	0	0	0	0	0
Windkraft	0	0	0	0	0
Geothermie	0	0	1'051	0	0
Total neue erneuerbare	0	0	1'051	0	0
Total Produktion	399'275	414'770	205'251	47'789	1'535'243
<b>Emissionen (kg/TJ)</b>					
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	29'866	168'651	187'591	78'400	127'399
CH <sub>4</sub> Methan	36	454	197	260	230
N <sub>2</sub> O Lachgas	0.60	5.39	6.88	2.48	3.61
HFC Fluorierte KWs	2.02E-04	4.93E-04	6.22E-04	2.24E-04	4.37E-04
PFC Perfluorierte KWs	6.26E-04	8.89E-04	1.03E-03	3.95E-04	8.69E-04
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.36E-04	2.20E-04	5.81E-04	1.38E-04	2.55E-04
CO <sub>2</sub> -eq	30'873	180'693	194'172	85'114	133'769

<sup>a)</sup> beinhaltet Strom aus Raffinerie-, Hochofen-, Koksofengas, Orimulsion

<sup>b)</sup> beinhaltet Strom aus Kehrichtverbrennungs- und Biogasanlagen (Gas aus Deponien, Klärschlamm, Jauche, Pflanzen und agroindustriellen Abfällen)

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

**Tab. 53 > Stromproduktion und Emissionsfaktoren der für den Schweizer Importstrom relevanten Länder für 1998.**

Die obere Hälfte der Tabelle zeigt die Stromproduktion aufgeschlüsselt nach Technologien, die zu den Emissionsfaktoren im unteren Teil der Tabelle führen.

Stromproduktion 1998	Frankreich	Deutschland	Italien	Österreich	UCTE
<b>Produktion (GWh)</b>					
Steinkohle	23'500	122'142	21'338	3'089	307'182
Braunkohle	0	122'558	81	782	185'985
Heizöl EL	0	610	544	0	0
Heizöl S	7'200	1'653	95'082	2'197	170'637
Erdgas	0	33'079	67'211	6'004	138'050
Andere Gase <sup>a)</sup>	1'900	3'018	6'285	0	33'363
Andere Brennstoffe <sup>b)</sup>	0	2'789	5'465	66	7'184
Total fossilthermisch	32'600	285'849	196'006	12'138	842'400
Total Kernkraft	368'100	151'821	0	0	653'100
Umwälzwasserkraft	3'700	3'792	6'069	1'575	18'672
Laufwasserkraft	30'000	14'029	14'732	25'512	142'285
Speicherkraftwerke	26'100	995	25'968	8'934	112'143
Total Wasserkraft	56'100	15'024	40'700	34'446	254'428
Photovoltaik, netzgekoppelt	0	1	6	0	0
Windkraft	0	1'654	232	0	0
Geothermie	0	0	3'958	0	0
Total neue erneuerbare	0	1'655	4'195	0	0
Total Produktion	460'500	458'141	246'970	48'159	1'768'600
<b>Emissionen (kg/TJ)</b>					
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	20'328	177'153	172'985	59'447	124'723
CH <sub>4</sub> Methan	25	396	207	207	222
N <sub>2</sub> O Lachgas	0.47	5.48	5.98	1.96	3.53
HFC Fluorierte KWs	1.87E-04	4.55E-04	5.38E-04	2.16E-04	4.34E-04
PFC Perfluorierte KWs	5.51E-04	8.24E-04	8.11E-04	3.49E-04	8.44E-04
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.20E-04	1.81E-04	4.95E-04	1.26E-04	2.49E-04
CO <sub>2</sub> -eq	21'050	187'884	179'538	64'785	130'880

a) beinhaltet Strom aus Raffinerie-, Hochofen-, Koksofengas, Orimulsion

b) beinhaltet Strom aus Kehrichtverbrennungs- und Biogasanlagen (Gas aus Deponien, Klärschlamm, Jauche, Pflanzen und agroindustriellen Abfällen)

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

**Tab. 54 > Stromproduktion und Emissionsfaktoren der für den Schweizer Importstrom relevanten Länder für 2003.**

Die obere Hälfte der Tabelle zeigt die Stromproduktion aufgeschlüsselt nach Technologien, die zu den Emissionsfaktoren im unteren Teil der Tabelle führen. Da die Auswertung für 2003 nur eine Sensitivitätsanalyse darstellt, wurde für den schweizerischen Importstrom von den gleichen Daten wie 2004 ausgegangen.

Stromproduktion 2003	Frankreich	Deutschland	Italien	Österreich	UCTE
<b>Produktion (GWh)</b>					
Steinkohle	25'028	127'100	35'457	6'059	512'822
Braunkohle	0	146'000	0	1'096	310'491
Heizöl EL	292	0	0	0	0
Heizöl S	4'055	9'200	61'501	1'609	284'868
Erdgas	17'817	59'200	112'945	12'662	230'467
Andere Gase <sup>a)</sup>	4'681	16'500	6'179	0	55'697
Andere Brennstoffe <sup>b)</sup>	4'261	7'300	13'118	8'549	11'993
Total fossilthermisch	56'134	365'300	229'200	29'975	1'406'338
Total Kernkraft	420'669	158'000	0	0	798'667
Umwälzwasserkraft	4'533	2'240	7'603	1'183	18'672
Laufwasserkraft	10'150	15'675	14'583	23'625	166'625
Speicherkraftwerke	49'156	2'985	22'091	12'209	134'521
Total Wasserkraft	63'839	20'900	36'674	35'834	319'818
Photovoltaik, netzgekoppelt	0	500	5	12	0
Windkraft	390	25'000	1'458	924	13'261
Geothermie	0	0	5'341	3	0
Total neue erneuerbare	390	25'500	6'804	939	13'261
Total Produktion	545'565	571'940	280'281	67'931	2'556'756
<b>Emissionen (kg/TJ)</b>					
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	21'943	171'240	166'513	70'988	143'131
CH <sub>4</sub> Methan	34	360	252	287	254
N <sub>2</sub> O Lachgas	0.46	4.96	4.81	2.09	4.04
HFC Fluorierte KWs	1.77E-04	4.19E-04	4.01E-04	1.97E-04	4.35E-04
PFC Perfluorierte KWs	5.27E-04	7.77E-04	9.49E-04	3.68E-04	9.17E-04
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.13E-04	1.91E-04	4.06E-04	1.26E-04	2.75E-04
CO <sub>2</sub> -eq	22'870	180'989	173'745	78'218	150'184

<sup>a)</sup> beinhaltet Strom aus Raffinerie-, Hochofen-, Koksofengas, Orimulsion

<sup>b)</sup> beinhaltet Strom aus Kehrichtverbrennungs- und Biogasanlagen (Gas aus Deponien, Klärschlamm, Jauche, Pflanzen und agroindustriellen Abfällen)

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.

**Tab. 55 > Stromproduktion und Emissionsfaktoren der für den Schweizer Importstrom relevanten Länder für 2004.**

Die obere Hälfte der Tabelle zeigt die Stromproduktion aufgeschlüsselt nach Technologien, die zu den Emissionsfaktoren im unteren Teil der Tabelle führen.

Stromproduktion 2004	Frankreich	Deutschland	Italien	Österreich	UCTE
<b>Produktion (GWh)</b>					
Steinkohle	25'028	127'100	35'457	6'059	512'822
Braunkohle	0	146'000	0	1'096	310'491
Heizöl EL	292	0	0	0	0
Heizöl S	4'055	9'200	61'501	1'609	284'868
Erdgas	17'817	59'200	112'945	12'662	230'467
Andere Gase <sup>a)</sup>	4'681	16'500	6'179	0	55'697
Andere Brennstoffe <sup>b)</sup>	4'261	7'300	13'118	8'549	11'993
Total fossilthermisch	56'134	365'300	229'200	29'975	1'406'338
Total Kernkraft	420'669	158'000	0	0	798'667
Umwälzwasserkraft	4'533	2'240	7'603	1'183	18'672
Laufwasserkraft	10'150	15'675	14'583	23'625	166'625
Speicherkraftwerke	49'156	2'985	22'091	12'209	134'521
Total Wasserkraft	63'839	20'900	36'674	35'834	319'818
Photovoltaik, netzgekoppelt	0	500	5	12	0
Windkraft	390	25'000	1'458	924	13'261
Geothermie	0	0	5'341	3	0
Total neue erneuerbare	390	25'500	6'804	939	13'261
Total Produktion	545'565	571'940	280'281	67'931	2'556'756
<b>Emissionen (kg/TJ)</b>					
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	21'943	171'240	166'513	70'988	143'131
CH <sub>4</sub> Methan	34	360	252	287	254
N <sub>2</sub> O Lachgas	0.46	4.96	4.81	2.09	4.04
HFC Fluorierte KWs	1.77E-04	4.19E-04	4.01E-04	1.97E-04	4.35E-04
PFC Perfluorierte KWs	5.27E-04	7.77E-04	9.49E-04	3.68E-04	9.17E-04
SF <sub>6</sub> Schwefelhexafluorid	1.13E-04	1.91E-04	4.06E-04	1.26E-04	2.75E-04
CO <sub>2</sub> -eq	22'870	180'989	173'745	78'218	150'184

<sup>a)</sup> beinhaltet Strom aus Raffinerie-, Hochofen-, Koksofengas, Orimulsion

<sup>b)</sup> beinhaltet Strom aus Kehrichtverbrennungs- und Biogasanlagen (Gas aus Deponien, Klärschlamm, Jauche, Pflanzen und agroindustriellen Abfällen)

Quelle: Berechnungen ESU-services GmbH.



> **A4 Ländercodes der OECD-Studie**

**Tab. 56 > Länder und Ländergruppen.**

*Folgende Ländercodes werden in der OECD-Studie verwendet.*

**Declaring and partner countries are:**

AUS	Australia	KOR	Korea <sup>1</sup>
AUT	Austria <sup>1</sup>	LUX	Luxembourg <sup>1</sup>
BLX	Belgium/Luxembourg <sup>2</sup>	MEX	Mexico <sup>1</sup>
CAN	Canada	NLD	Netherlands
CZE	Czech Republic <sup>1</sup>	NZL	New Zealand
DNK	Denmark	NOR	Norway
FIN	Finland	POL	Poland <sup>1</sup>
FRA	France	PRT	Portugal
DEU	Germany <sup>3</sup>	SVK	Slovak Republic <sup>1</sup>
GRC	Greece	ESP	Spain
HUN	Hungary <sup>1</sup>	SWE	Sweden
ISL	Iceland	CHE	Switzerland
IRL	Ireland	TUR	Turkey <sup>1</sup>
ITA	Italy	GBR	United Kingdom
JPN	Japan	USA	United States <sup>1</sup>

**Partner countries (*only*) are:**

ARG	Argentina	PHL	Philippines
BRA	Brazil	RUS	Russian Federation
CHL	Chile	SGP	Singapore
CHN	China	SVN	Slovenia
TWN	Chinese Taipei	ZAF	South Africa
CYP	Cyprus	THA	Thailand
CSK	Former Czechoslovakia	OPC	OPEC countries (excluding Indonesia)
EST	Estonia	ROW	Rest of World (other Non-OECD)
HKG	Hong Kong, China	WOR	Total World
IND	India	G7	G7 countries
IDN	Indonesia	EU15	European Union 15
LVA	Latvia	EU19	European Union 19
LTU	Lithuania	EU25	European Union 25
MYS	Malaysia	OECD	Total OECD
MLT	Malta	NON	Total Non-OECD
		SEC	Unspecified

Quelle: Ahmad & Wyckoff 2003

## > Verzeichnisse

### Abkürzungen

#### a.n.g.

andernorts nicht genannt

#### BTD

Bilateral trade database

#### E–1

Exponentielle Schreibweise für Zahlen. Die Angabe 1.2E–2 wird z.B. als  $1.2 * 10^{-2} = 0.012$  gelesen.

#### CO<sub>2</sub>-eq

CO<sub>2</sub>-Äquivalente, mit dem jeweiligen Treibhauspotenzial gewichtete Summe der Treibhausgase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O.

#### Heizöl M/S

Heizöl Mittel/Schwer

#### Heizöl EL

Heizöl Extra-leicht

#### HFC

Teilhalogenierte Kohlenwasserstoffe

#### IOT

Input-Output-Tabelle

#### IP

Integrierte Produktion in der Landwirtschaft

#### KKW

Kernkraftwerk

#### kt

Kilotonnen

#### LCA

Life Cycle Assessment (Ökobilanz)

#### LCI

Life cycle inventory analysis (Sachbilanz)

#### LCIA

Life cycle impact assessment

#### LNG

Flüssigerdgas (Liquified Natural Gas)

#### Mio.

Millionen

#### n/a

not available

#### OECD

Organisation for Economic Co-operation and Development

#### PFC

Perfluorierte Kohlenstoffverbindungen

#### PJ

Petajoule =  $10^{15}$  Joule

#### Stk.

Stück

#### t

Tonnen

#### THG

Treibhausgas

#### TJ

Terajoule =  $10^{12}$  Joule

#### tsd.

Tausend

#### UCPTE/UCTE

Union pour la Coordination (de la Production et) du Transport de l'Electricité

#### UN

United Nations

### Abbildungen

#### Abb. A

Weisse und graue Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz im Jahr 2004 (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Jahr).

11

#### Abb. B

Entwicklung der weissen und grauen Treibhausgas-Emissionen der Schweiz (Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Kopf und Jahr).

12

<p><b>Fig. A</b> Direct and embodied greenhouse gas emissions of Switzerland in 2004 (million tonnes of CO<sub>2</sub> eq per year). 17</p> <p><b>Fig. B</b> Development of direct and embodied greenhouse gas emissions of Switzerland (tonnes CO<sub>2</sub> eq. per capita per year). 18</p> <p><b>Fig. A</b> Émissions directes et grises de gaz à effet de serre en Suisse en 2004 (en millions de tonnes d'éq. CO<sub>2</sub> par an). 22</p> <p><b>Fig. B</b> Évolution des émissions directes et grises de gaz à effet de serre en Suisse (en tonnes d'éq. CO<sub>2</sub> par habitant et par an). 24</p> <p><b>Fig. A</b> Emissioni dirette ed emissioni «grigie» di gas serra in Svizzera nel 2004 (milioni di t di CO<sub>2</sub> eq all'anno). 28</p> <p><b>Fig. B</b> Andamento delle emissioni dirette e delle emissioni «grigie» di gas serra in Svizzera (t di CO<sub>2</sub> eq pro capite all'anno). 29</p> <p><b>Abb. 1</b> Unterscheidung zwischen «weissen» und «grauen» Emissionen: Konsum in der Schweiz. 37</p> <p><b>Abb. 2</b> Unterscheidung zwischen «weissen» und «grauen» Emissionen: Export ins Ausland. 37</p> <p><b>Abb. 3</b> Weisse und graue Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Energiesektors nach Energieträgern für die Jahre 1990, 1998 und 2004. 42</p> <p><b>Abb. 4</b> Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Energiesektors nach Energieprodukten für die Jahre 1990, 1998 und 2004. 43</p> <p><b>Abb. 5</b> Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Energiesektors nach Sektoren für die Jahre 1990, 1998 und 2004. 44</p> <p><b>Abb. 6</b> Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Energiesektors nach Energieprodukten für das Jahr 2003. 46</p>	<p><b>Abb. 7</b> Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen des schweizerischen Energiesektors nach Sektoren für das Jahr 2003. 47</p> <p><b>Abb. 8</b> Total des Absatzes, des Exports und des Saldos der grauen Treibhausgas-Emissionen in 1000 t CO<sub>2</sub>-eq für die Jahre 1990, 1998 und 2004. 55</p> <p><b>Abb. 9</b> Strommodelle in Ökobilanzen. 65</p> <p><b>Abb. 10</b> Stromimport und -export sowie der resultierende Exportüberschuss des schweizerischen Stromhandels für die Jahre 1990 bis 2004. 69</p> <p><b>Abb. 11</b> Treibhausgas-Intensitäten aller Warengruppen aus der Aussenhandelsstatistik (kg CO<sub>2</sub>-eq pro kg Ware bzw. kWh Strom). 83</p> <p><b>Abb. 12</b> Treibhausgas-Importe und -Exporte aller Warengruppen aus der Aussenhandelsstatistik für das Jahr 2004 (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Jahr). 85</p> <p><b>Abb. 13</b> Jahresreihe der Importe von grauen Treibhausgas-Emissionen (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a). 86</p> <p><b>Abb. 14</b> Jahresreihe der Exporte von grauen Treibhausgas-Emissionen (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a). 87</p> <p><b>Abb. 15</b> Graue Treibhausgas-Emissionen auf Grund von Transporten im Jahr 2004 (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a). 88</p> <p><b>Abb. 16</b> Gesamtbilanz der Importe und Exporte von grauen Treibhausgas-Emissionen (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a) für das Jahr 2004. 89</p> <p><b>Abb. 17</b> Gesamtbilanz der Importe und Exporte von grauen Treibhausgas-Emissionen nach Hauptwarengruppen (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a) für das Jahr 2004. 90</p> <p><b>Abb. 18</b> Entwicklung des Saldos der grauen Treibhausgas-Emissionen nach Hauptwarengruppen (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a). 91</p>
--	--

<b>Abb. 19</b>	Emissionsfaktoren für Dienstleistungen in kg CO <sub>2</sub> -eq pro 1'000 CHF, aufgeschlüsselt nach Import und Export.	98	<b>Abb. 32</b>	Berechnung der Pro-Kopf CO <sub>2</sub> -Emissionen im Jahr 1995 unter Berücksichtigung grauer Importe und Exporte (Tonnen CO <sub>2</sub> pro Kopf).	122
<b>Abb. 20</b>	Treibhausgas-Emissionen, die durch den Im- und Export von Dienstleistungen verursacht werden (Situation von 2001).	99	<b>Abb. 33</b>	Vergleich der Berechnung für Importe von CO <sub>2</sub> im Jahr 1995 (Mio. t CO <sub>2</sub> /a).	124
<b>Abb. 21</b>	Treibhausgas-Emissionen des Im- und Exports von Dienstleistungen sowie der schweizerische Saldo (Situation von 2001).	100	<b>Abb. 34</b>	Vergleich der Berechnung für Exporte von CO <sub>2</sub> im Jahr 1995 (Mio. Tonnen CO <sub>2</sub> /a).	126
<b>Abb. 22</b>	Gesamtbilanz der Importe und Exporte von grauen Treibhausgas-Emissionen (Mio. t CO <sub>2</sub> -eq./a) für das Jahr 2004.	103	<b>Tabellen</b>		
<b>Abb. 23</b>	Gesamtbilanz der weissen und grauen Treibhausgas-Emissionen nach Verursacherguppen (Mio. t CO <sub>2</sub> -eq/a) für das Jahr 2004.	104	<b>Tab. 1</b>	Übersicht zum Saldo von Energieprodukteimport und -export der Schweiz für die Jahre 1990, 1998, 2004.	41
<b>Abb. 24</b>	Entwicklung der weissen und grauen Treibhausgas-Emissionen in der Schweiz (Mio. Tonnen CO <sub>2</sub> -eq pro Jahr).	105	<b>Tab. 2</b>	Übersicht zum Saldo von Energieprodukteimport und -export der Schweiz für das Jahr 2003.	45
<b>Abb. 25</b>	Entwicklung der weissen und grauen Treibhausgas-Emissionen der Schweiz (Tonnen CO <sub>2</sub> -eq pro Kopf und Jahr).	106	<b>Tab. 3</b>	Absatz von Erdölprodukten (inkl. Raffinerieeigenbedarf) in der Schweiz für die Jahre 1990, 1998 und 2004.	49
<b>Abb. 26</b>	Importe von CO <sub>2</sub> im Jahr 1995 für verschiedene Wirtschaftsbranchen (Mio. Tonnen CO <sub>2</sub> /a).	112	<b>Tab. 4</b>	Graue Treibhausgas-Emissionsfaktoren der Erdölprodukte in kg/TJ für den Absatz in der Schweiz in den Jahren 1990, 1998 und 2004.	50
<b>Abb. 27</b>	Importe von CO <sub>2</sub> im Jahr 1995 aus verschiedenen Ländern (Mio. Tonnen CO <sub>2</sub> /a).	113	<b>Tab. 5</b>	Graue Treibhausgas-Emissionsfaktoren der Erdölprodukte in kg/TJ für den Export in den Jahren 1990, 1998 und 2004.	51
<b>Abb. 28</b>	Direkte Emissionen und Exporte von CO <sub>2</sub> im Jahr 1995 (Mio. Tonnen CO <sub>2</sub> /a).	115	<b>Tab. 6</b>	Graue Treibhausgas-Emissionen für den Absatz in der Schweiz (in 1000 t).	52
<b>Abb. 29</b>	CO <sub>2</sub> -Intensitäten der Importe, Exporte und der direkten Produktion im Jahr 1995 (kg CO <sub>2</sub> /CHF).	118	<b>Tab. 7</b>	Graue Treibhausgas-Emissionen in den exportierten Erdölprodukten (in 1000 t).	53
<b>Abb. 30</b>	Gesamtbilanz der CO <sub>2</sub> -Emissionen aus dem Energiesektor (ohne Dienstleistungen) im Jahr 1995 nach OECD-Systematik (Mio. Tonnen CO <sub>2</sub> /a).	119	<b>Tab. 8</b>	Saldo der grauen Treibhausgas-Emissionen durch den Absatz und den Export von Erdölprodukten (in 1000 t).	54
<b>Abb. 31</b>	Handelsbilanz der CO <sub>2</sub> -Emissionen im Jahr 1995 – Prozentanteil an den Inland-Emissionen für OECD-Länder.	121	<b>Tab. 9</b>	Graue Treibhausgas-Emissionen der Internationalen Bunkerung (in 1000 t).	55

<p><b>Tab. 10</b> Herkunft und Menge des in der Schweiz in den Jahren 1990, 1998 und 2004 abgesetzten Erdgases. 56</p> <p><b>Tab. 11</b> Graue Treibhausgas-Emissionsfaktoren des in der Schweiz abgesetzten Erdgases für die Jahre 1990, 1998 und 2004. 57</p> <p><b>Tab. 12</b> Graue Treibhausgas-Emissionen des Erdgasabsatzes in der Schweiz 1990, 1998 und 2004. 57</p> <p><b>Tab. 13</b> Herkunft und schweizerischer Absatz von Steinkohle in den Jahren 1990, 1998 und 2004. 58</p> <p><b>Tab. 14</b> Graue Treibhausgas-Emissionsfaktoren des Absatzmixes Schweiz von Steinkohle und Steinkohlenkoks für die Jahre 1990, 1998 und 2004. 59</p> <p><b>Tab. 15</b> Graue Treibhausgas-Emissionen des Absatzes von Steinkohle und Steinkohlenkoks in der Schweiz für die Jahre 1990, 1998, 2004. 60</p> <p><b>Tab. 16</b> Absatz von Kernbrennstoff für die schweizerischen Kernkraftwerke (Druckwasser- und Siedewasserreaktoren) in den Jahren 1990, 1998 und 2004. 61</p> <p><b>Tab. 17</b> Graue Emissionsfaktoren für Uran für die Jahre 1990, 1998 und 2004. 62</p> <p><b>Tab. 18</b> Graue Treibhausgas-Emissionen des Absatzes von Uran für die Elektrizitätserzeugung in der Schweiz für die Jahre 1990, 1998, 2004. 62</p> <p><b>Tab. 19</b> Strommodelle in Ökobilanzen; in Ménard 1996 diskutierte Varianten. 64</p> <p><b>Tab. 20</b> Schweizerische Stromproduktion in den Jahren 1990, 1998 und 2004. 66</p> <p><b>Tab. 21</b> Stromimport und -export der Schweiz in den Jahren 1990, 1998 und 2004. 67</p>	<p><b>Tab. 22</b> Emissionsfaktoren der Schweizer Stromproduktion, des Importstroms und des resultierenden Verbrauchsmixes (bzw. Exportmixes). 68</p> <p><b>Tab. 23</b> Graue Treibhausgas-Emissionen des Stromhandels für die Jahre 1990, 1998 und 2004. 70</p> <p><b>Tab. 24</b> Stromhandel der Schweiz mit den Nachbarländern für das Jahr 2004. 70</p> <p><b>Tab. 25</b> Durch schweizerischen Stromhandel in den Nachbarländern theoretisch vermiedene (negatives Vorzeichen) oder zusätzlich verursachte Treibhausgas-Emissionen (positives Vorzeichen). 72</p> <p><b>Tab. 26</b> Aufteilung der Treibhausgas-Emissionen auf Flugreise und Passagiertyp bzw. Fracht. 75</p> <p><b>Tab. 27</b> Beispiel für die Aufgliederung der Aussenhandelsstatistik und Verknüpfung zu Ökobilanzdaten in dieser Studie. 76</p> <p><b>Tab. 28</b> Hauptwarengruppen der Aussenhandelsstatistik. 77</p> <p><b>Tab. 29</b> Warengruppen der Aussenhandelsstatistik und Mengen in kg (Strom in kWh) für das Jahr 2004. 78</p> <p><b>Tab. 30</b> Anteil verschiedener Transportmittel für Importe und Exporte in den Hauptgütergruppen. 79</p> <p><b>Tab. 31</b> Annahmen für die Transportentfernungen in dieser Studie. 80</p> <p><b>Tab. 32</b> Beispiel für die Verknüpfung von Ökobilanzdaten für die Warengruppe 01. 81</p> <p><b>Tab. 33</b> Vergleich der Warenbilanz mit der Detailanalyse des Energiesektors (Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq/a). 91</p> <p><b>Tab. 34</b> Flugtransportdienstleistung ab und nach Schweizer Flughäfen für das Jahr 2004. 93</p>
--	--

<b>Tab. 35</b> Von In- sowie Ausländern nachgefragte Flugverkehrsdienstleistung ab und nach Schweizer Flughäfen im 2004.	93	<b>Tab. 48</b> Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 1990.	135
<b>Tab. 36</b> Durchschnittliche Emissionsfaktoren für Passagier- und Frachttransportleistungen ab und nach Schweizer Flughäfen.	94	<b>Tab. 49</b> Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 1998.	136
<b>Tab. 37</b> Treibhausgas-Emissionen des Flugtransports von Inländern für das Jahr 2004.	95	<b>Tab. 50</b> Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 2003.	137
<b>Tab. 38</b> Export von Treibhausgasen durch Flugtransportleistungen für Ausländer im Jahr 2004.	95	<b>Tab. 51</b> Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 2004.	138
<b>Tab. 39</b> Ausgaben für Dienstleistungen von Inländern im Ausland (Import) und von Ausländern in der Schweiz (Export) für das Jahr 2001.	96	<b>Tab. 52</b> Stromproduktion und Emissionsfaktoren der für den Schweizer Importstrom relevanten Länder für 1990.	139
<b>Tab. 40</b> Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Schweizer Studie mit der OECD-Studie.	109	<b>Tab. 53</b> Stromproduktion und Emissionsfaktoren der für den Schweizer Importstrom relevanten Länder für 1998.	140
<b>Tab. 41</b> Vergleich der CO <sub>2</sub> -Intensitäten für ausgewählte Länder mit den in dieser Studie berechneten Intensitäten für die Schweiz (kg CO <sub>2</sub> /US \$).	116	<b>Tab. 54</b> Stromproduktion und Emissionsfaktoren der für den Schweizer Importstrom relevanten Länder für 2003.	141
<b>Tab. 42</b> CO <sub>2</sub> -Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe in verschiedenen OECD-Ländern.	120	<b>Tab. 55</b> Stromproduktion und Emissionsfaktoren der für den Schweizer Importstrom relevanten Länder für 2004.	142
<b>Tab. 43</b> Vergleich von Angaben zur CO <sub>2</sub> -Intensität der Stromproduktion aus verschiedenen Quellen.	125	<b>Tab. 56</b> Länder und Ländergruppen.	143
<b>Tab. 44</b> Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 1990.	133	<b>Literatur</b>	
<b>Tab. 45</b> Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 1998.	133	Ahmad N., Wyckoff A. 2003: Carbon dioxide emissions embodied in international trade of goods. STI working paper 2003/15. OECD Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.	
<b>Tab. 46</b> Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 2003.	134	BAZL 2005: Swiss Civil Aviation. Bundesamt für Zivilluftfahrt, Bern.	
<b>Tab. 47</b> Graue Treibhausgas-Emissionen der Schweiz aufgrund des Energiesektors für das Jahr 2004.	134	BAFU 2006: Swiss Greenhouse Gas Inventory 1995. Bundesamt für Umwelt, Bern, Schweiz (aus: <a href="http://www.climatereporting.ch">www.climatereporting.ch</a> ).	
		BFE 1991: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 1990. In: Bulletin SEV/VSE, Vol. 1991 (ed. Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke). Bundesamt für Energie, Bern, CH.	
		BFE 1999: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 1998. Bundesamt für Energie, Bern, CH (aus: <a href="http://www.energie-schweiz.ch/bfe/de/statistik/elektrizitaet/">www.energie- schweiz.ch/bfe/de/statistik/elektrizitaet/</a> ).	

- BFE 2001: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2000. Bundesamt für Energie, Bern, CH (aus: [www.energie-schweiz.ch/bfe/de/statistik/elektrizitaet/](http://www.energie-schweiz.ch/bfe/de/statistik/elektrizitaet/)).
- BFE 2005a: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2004. Bundesamt für Energie, Bern.
- BFE 2005b: Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2004. Bundesamt für Energie, Bern.
- BP Amoco 1999: BP Amoco statistical review of world energy 1998. BP Amoco, London.
- BP Amoco 2005: BP Amoco statistical review of world energy june 2005. BP Amoco, London (aus: [www.bp.com/centres/energy/](http://www.bp.com/centres/energy/)).
- Credit Suisse Group 2006: Nachhaltigkeitsbericht 2005, Zürich.
- Dones R. 2003: Kernenergie. In: Sachbilanzen von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz (Ed. Dones R.). Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH (aus: [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)).
- ecoinvent Centre 2006: ecoinvent data v1.2 with corrections, Final reports ecoinvent 2000 No. 1–16. ISBN 3–905594–38–2. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH (aus: [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)).
- Eidg. Oberzolldirektion 2004: Schweizerische Aussenhandelsstatistik – Jahresstatistik 2004. Vol. Veröffentlichung im Internet, Bern, CH (aus: [www.zoll.admin.ch](http://www.zoll.admin.ch)).
- EURELECTRIC and UCTE 2002: European Interconnection: State of the Art 2002 (SYSTINT Annual Report). Union of the Electricity Industry – Eurelectric, Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity, Brussels (aus: [www.ucte.org](http://www.ucte.org)).
- EV 1991: Jahresbericht 1990. Erdöl-Vereinigung, Zürich.
- EV 1999: Jahresbericht 1998. Erdöl-Vereinigung, Zürich.
- EV 2005: Jahresbericht 2004. Erdöl-Vereinigung, Zürich (aus: [www.erdoel.ch/doc/105236232329062005.pdf](http://www.erdoel.ch/doc/105236232329062005.pdf)).
- Frischknecht R., Hofstetter P., Knoepfel I., Dones R., Zollinger E. 1994: Ökoinventare für Energiesysteme. Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz. 1. Gruppe Energie – Stoffe – Umwelt (ESU), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich und Sektion Ganzheitliche Systemanalysen, Paul Scherrer Institut Villigen, Bundesamt für Energie (Hrsg.), Bern.
- Frischknecht R., Bollens U., Bosshart S., Ciot M., Ciseri L., Doka G., Dones R., Gantner U., Hischer R., Martin A. 1996: Ökoinventare von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz. 3. Gruppe Energie – Stoffe – Umwelt (ESU), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich und Sektion Ganzheitliche Systemanalysen, Paul Scherrer Institut, Villigen, Bundesamt für Energie (Hrsg.), Bern, CH (aus: [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)).
- Frischknecht R., Jungbluth N. 2000: Graue Treibhausgas-Emissionen des Energie- und des Ernährungssektors der Schweiz: 1990 und 1998. Umwelt-Materialien No. 128. ESU-services, Uster, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, CH.
- Füssler J., Beltrani G., Schelske O., Oettli B., Sutter D., Heldstab J. 2005: Treibhausgasemissionen der Wirtschaftsbranchen: Pilot-NAMEA für die Schweiz 2002. im Auftrag des Bundesamtes für Statistik, Uster (aus: [www.bfs.admin.ch](http://www.bfs.admin.ch)).
- Habersatter K., Fecker I., Dall'Acqua S., Fawer M., Fallscheer F., Förster R., Maillefer C., Ménard M., Reusser L., Som C. 1996: Ökoinventare für Verpackungen. 250. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, Schweiz.
- IEA 2004: CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion (2001 Data). International Energy Agency of the OECD, Paris.
- Jungbluth N. 2000: Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums: Beurteilung von Produktmerkmalen auf Grundlage einer modularen Ökobilanz. Dissertation Nr. 13499. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, dissertation.de, Berlin, D (aus: [www.jungbluth.de.vu](http://www.jungbluth.de.vu)).
- Kaufmann U., Moser M., Beck M. 1999: Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien – Schlussbericht: Grundlagen, Methodik und Auswertungen 1990–1998. Bundesamt für Energie, Bern.
- Kaufmann U., Gutzwiller S. 2005: Thermische Stromproduktion inklusive Wärmekraftkopplung (WKK) in der Schweiz 1990 bis 2004. Bundesamt für Energie, Bern.
- Kaufmann U. 2005: Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien 2004. Bundesamt für Energie, Bern.
- Kaufmann Y., Meier R., Ott W. 2000: Luftverkehr – eine wachsende Herausforderung für die Umwelt: Fakten und Trends für die Schweiz. M25. Nationales Forschungsprogramm NFP 41, Verkehr und Umwelt, EDMZ, Bern, CH (aus: [www.snf.ch/nfp41](http://www.snf.ch/nfp41)).
- Ménard M., Dones R., Gantner U. 1998: Strommix in Ökobilanzen: Auswirkungen der Strommodellwahl für Produkt- und Betriebs-Ökobilanzen. PSI-Bericht No. 98–17. Paul Scherrer Institut, Villigen, CH.

- Nathani C., Wickart M., Oleschak R., van Nieuwkoop R. 2006: Estimation of a Swiss Input-Output Table for 2001. Centre for Energy Policy and Economics (CEPE), ETH Zurich, Zurich (aus: [www.input-output.ethz.ch](http://www.input-output.ethz.ch)).
- OECD 2005: Bilateral Trade Database, edition 2004 (aus: [www.oecd.org/sti/btd/](http://www.oecd.org/sti/btd/)).
- OECD 2006: OECD Input-Output-Tables, edition 2002 (aus: [www.oecd.org/sti/io-tables/data/](http://www.oecd.org/sti/io-tables/data/)).
- PRé Consultants 2006: SimaPro 7.0, Amersfoort, NL (aus: [www.pre.nl](http://www.pre.nl)).
- Schnewlin M. 1998: Ein input-output basiertes Produktionsmodell der Schweiz für 1995 mit besonderer Berücksichtigung der Energie- und Verkehrswirtschaft. Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich.
- Schweizerische Rückversicherungs-Gesellschaft 2005: Nachhaltigkeitsbericht 2004, Zürich.
- Schweizerischer Bundesrat 1997: Botschaft zum Bundesgesetz über die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen, Bern.
- SIAA 2003: Volkswirtschaftliche Bedeutung der schweizerischen Landesflughäfen (Synthesebericht). Swiss International Airport Association, Zürich/Bern.
- Spielmann M., Kägi T., Stadler P., Tietje O. 2004: Life Cycle Inventories of Transport Services. Final report ecoinvent 2000 No. 14. UNS, ETH-Zurich, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH (aus: [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)).
- Sturm A., Wackernagel M., Müller K. 1999: Wer werden die Gewinner und Verlierer im globalen Wettbewerb sein? Die ökologische Grundlage der nationalen Wettbewerbsfähigkeit. In: GAIA, 8(No. 2), pp. 87–92.
- Tecova 1992: CO<sub>2</sub>-Bilanzierung der Elektrizität unter Berücksichtigung des Aussenhandels. Bundesamt für Energiewirtschaft (Hrsg.), Bern.
- Ucliva 2006: Nachhaltigkeitsbericht 2005, Waltensburg.
- VSG 1999: Jahresbericht 1998. Verband der Schweizerischen Gasindustrie, Zürich.
- VSG 2005: Erdgas – Daten und Fakten. Verband der Schweizerischen Gasindustrie, Zürich (aus: [www.erdgas.ch](http://www.erdgas.ch)).