



Actualités OFS
BFS Aktuell
Attualità UST



02 Raum und Umwelt

Neuchâtel, Oktober 2015

Luftemissionskonten

Zerlegung der fossilen CO₂-Emissionen der Schweiz

Zwischen 2000 und 2013 sind die fossilen CO₂-Emissionen der Schweizer Wirtschaft um 4% zurückgegangen, bei den Haushalten war eine Zunahme um 1% zu verzeichnen. Ohne Fortschritte bei der Energieeffizienz hätte die Schweizer Wirtschaft 2013 insgesamt 11% mehr fossile CO₂-Emissionen verursacht als 2000. Die Haushalte hätten 19% mehr fossile CO₂-Emissionen zum Heizen und 26% mehr mit dem Verkehr freigesetzt. Diese Schätzungen wurden vom Bundesamt für Statistik (BFS) zum ersten Mal berechnet und beruhen auf einer Zerlegungsanalyse, angewendet auf die Umweltgesamtrechnung (sog. Komponentenzерlegung).

Womit sind die Veränderungen bei den fossilen CO₂-Emissionen der Wirtschaft und der Haushalte zwischen 2000 und 2013 zu erklären? Welche Auswirkungen hatten technische Verbesserungen und die Umstellung auf andere Brennstoffe im Kontext einer wachsenden Wirtschaft und Bevölkerung?

Die Entwicklung der CO₂-Emissionen ist das Ergebnis mehrerer zusammenspielender Faktoren, deren Einfluss einzeln nicht direkt erkennbar ist, da der Beitrag der einzelnen Ursachen von der Gesamtentwicklung der Emissionen verdeckt wird. Dank der Verwendung kohärenter Datenquellen, die insbesondere aus der Umweltgesamtrechnung stammen, zeigt die Komponentenzерlegung den Einfluss der verschiedenen Faktoren auf die Emissionsentwicklung (siehe Methodik, S. 4). Mit dieser Zerlegung wird somit erkennbar, welche Faktoren die CO₂-Emissionen am meisten beeinflussen und wie der Verlauf der Gesamtemissionen über den Beobachtungszeitraum zu erklären ist.

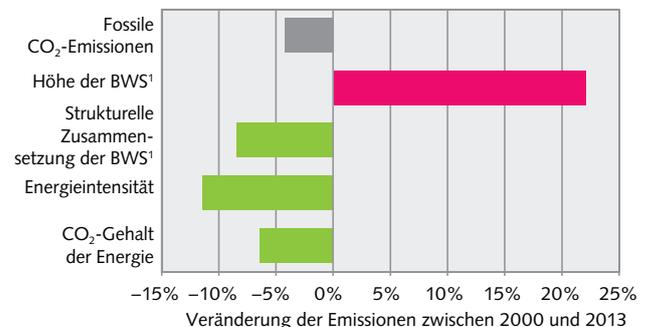
Weniger Emissionen dank einer effizienteren Wirtschaft

Zur Analyse der fossilen CO₂-Emissionen der Wirtschaft wurden vier Hauptfaktoren ausgewählt (G 1):

- Umfang der Wirtschaftstätigkeit (in Form der gesamten realen Bruttowertschöpfung, BWS)
- Beitrag der verschiedenen Wirtschaftszweige an der gesamten BWS (strukturelle Zusammensetzung der BWS)
- Verbrauchte Energie pro BWS-Einheit (Energieintensität)
- CO₂-Menge, die pro verbrauchte Energieeinheit freigesetzt wird (CO₂-Gehalt der Energie)

Zerlegung der fossilen CO₂-Emissionen der Wirtschaft zwischen 2000 und 2013

G 1



¹ Bruttowertschöpfung

Wenn alle übrigen Faktoren konstant geblieben wären (*ceteris paribus*), hätte die zwischen 2000 und 2013 erzielte Zunahme der BWS eine Erhöhung der fossilen CO₂-Emissionen um 22% mit sich gebracht (G1). Die allgemein sinkende Energieintensität wiederum hätte bei sonst konstanten Faktoren für einen Rückgang der fossilen CO₂-Emissionen um 11% gesorgt. Die sparsamere Energienutzung, beispielsweise dank besserer Gebäudeisolationen, hat somit zu einer höheren Energieeffizienz beigetragen. Die veränderte strukturelle Zusammensetzung der BWS hätte einen Emissionsrückgang um 8% bewirkt, da energieintensive Branchen gegenüber weniger umweltbelastenden Tätigkeiten an Bedeutung verloren haben. Schliesslich hätte die Veränderung des CO₂-Gehalts der genutzten Energie eine Emissionsabnahme um 6% herbeigeführt. Eine Umstellung auf Energieträger, die weniger Emissionen verursachen (z.B. von Heizöl zu Gas oder von Gas zu Holz), schlug sich in einem geringeren Anteil fossilen CO₂ in der genutzten Energie nieder (veränderter Energiemix).

Anzumerken ist hier, dass die Herstellung und der Transport importierter Produkte im Ausland Emissionen verursachen, die bei den vorliegenden Analysen nicht berücksichtigt sind (siehe S. 4).

Sekundärer Sektor: Effizienz und strukturelle Entwicklung

Zwischen 2000 und 2006 nahmen die fossilen CO₂-Emissionen im sekundären Sektor um 9% zu. Die veränderte strukturelle Zusammensetzung der BWS und der Rückgang der Energieintensität vermochten die Zunahme der wirtschaftlichen Aktivitäten das Wirtschaftswachstum nicht zu kompensieren (G2).

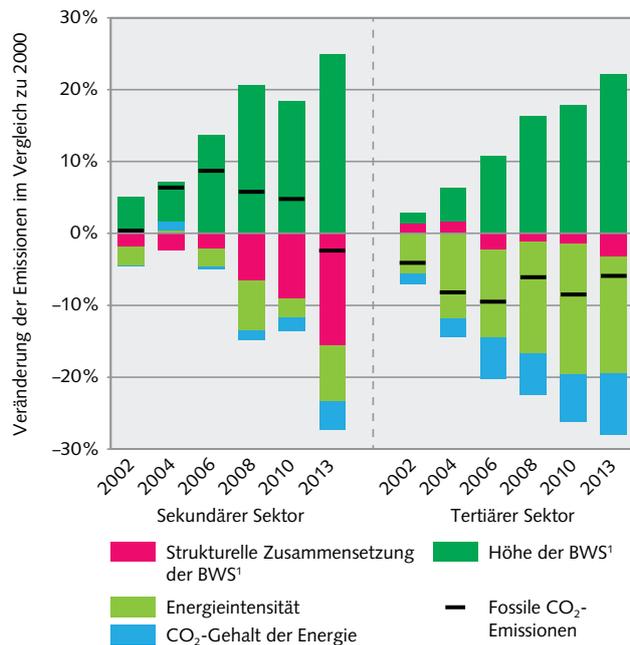
Der Aufwärtstrend bei den Emissionen dieses Sektors kehrte sich ab 2006 um. Zwischen 2000 und 2013 resultierte für die Emissionen des sekundären Sektors somit schliesslich eine Abnahme um 2%. Die Verringerung des Anteils besonders umweltbelastender Branchen hat sich beschleunigt (strukturelle Zusammensetzung der BWS). Der Rückgang der Energieintensität vor allem dank Fortschritten in der chemischen Industrie und der Herstellung von sonstigen Produkten aus nichtmetallischen Mineralien (Zement, Glas usw.) trug ebenfalls dazu bei, dass sich die Emissionen des sekundären Sektors insgesamt verringerten. Wenig Einfluss hatte hingegen die Ersetzung der verwendeten Brennstoffe durch andere Energieträger (CO₂-Gehalt der Energie) auf die gesamthafte Entwicklung der Emissionen im sekundären Sektor.

Tertiärer Sektor: Effizienz und Substitution von Brennstoffen

Im tertiären Sektor hat die Energieintensität seit 2000 kontinuierlich abgenommen. 2013 wären die fossilen CO₂-Emissionen bei sonst konstanten Faktoren gegenüber 2000 um

Zerlegung der fossilen CO₂-Emissionen des sekundären und tertiären Sektors

G 2



¹ Bruttowertschöpfung

Quelle: BFS – Umweltgesamtrechnung

© BFS, Neuchâtel 2015

16% zurückgegangen. Die Ersetzung (Substitution) von Brennstoffen hätte eine zusätzliche Eindämmung der fossilen CO₂-Emissionen um 9% bewirkt. Zu verdanken ist diese Abnahme zum grossen Teil der Umstellung hin zu Heizanlagen mit emissionsärmeren Energieträgern (Gas anstelle von Heizöl, Holz anstelle von Gas usw.). In den Branchen, in denen ein Grossteil der Emissionen durch das Heizen von Räumen entsteht (Banken, Wissenschaft, Verwaltung, Gesundheitswesen und Sozialwesen), ist der Emissionsrückgang gegenüber 2000 aufgrund der Nutzung ökologischerer Energiequellen mit über 20% bedeutender ausgefallen als der Durchschnitt des tertiären Sektors.

Insgesamt gingen die fossilen CO₂-Emissionen im tertiären Sektor zwischen 2000 und 2013 trotz des substanziellen Wirtschaftswachstums (+26%) um 6% zurück.

Gebäudesanierungen zeigen Wirkung

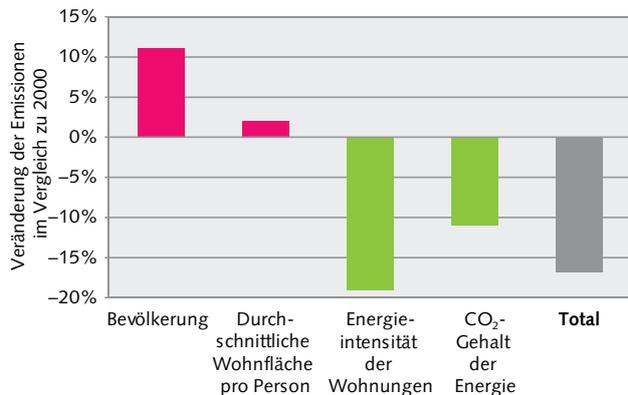
Folgende Faktoren wurden bei der Zerlegung der heizungsbedingten fossilen CO₂-Emissionen der Haushalte berücksichtigt:

- ständige Wohnbevölkerung
- durchschnittliche Wohnfläche pro Person
- Energieintensität der Wohnungen (Energieverbrauch pro Flächeneinheit)
- CO₂-Gehalt der Energie, die zum Heizen verwendet wird (pro verbrauchte Energieeinheit freigesetztes CO₂)

Fossile CO₂-Emissionen

Als fossile CO₂-Emissionen gelten Emissionen, die bei der Verbrennung fossiler Energieträger (Erdöl, Erdgas, Kohle usw.) und der Zementherstellung entstehen. 2013 beliefen sich die fossilen CO₂-Emissionen gemäss Luftemissionskonten auf 47 Millionen Tonnen. 57% davon waren der Wirtschaft zuzuschreiben (2% primärer Sektor, 26% sekundärer Sektor, 29% tertiärer Sektor), der Rest den Haushalten. CO₂-Emissionen werden auch bei der Verbrennung von Biomasse freigesetzt (Holz, Biotreibstoffe usw.). Die durch Biomasse verursachten CO₂-Emissionen erreichten 2013 in der Schweiz schätzungsweise 7 Millionen Tonnen.

Zerlegung der fossilen CO₂-Emissionen der Heizungen der Haushalte zwischen 2000 und 2013 G 3



Quelle: BFS – Umweltgesamtrechnung

© BFS, Neuchâtel 2015

Um witterungsbedingt unterschiedliche Jahre vergleichen zu können, wurden der Energiekonsum und die CO₂-Emissionen klimatisch an die beobachtete Anzahl Heizgradtage¹ angepasst.

Der Rückgang der (klimabereinigten) fossilen CO₂-Emissionen für das Heizen der Haushalte zwischen 2000 und 2013 betrug 17%. Bei sonst konstanten Faktoren hätte die abnehmende Energieintensität der Wohnungen dafür gesorgt, dass die CO₂-Emissionen zwischen 2000 und 2013 um 19% zurückgegangen wären (G3), dies dank wirkungsvollerer Heiztechniken, besser isolierter Gebäude und umweltfreundlicherer Heizgewohnheiten. Die Substitution von Heizbrennstoffen durch emissionsärmere Energieträger, zum Beispiel von Erdöl durch Erdgas oder von Gas- durch Holzheizungen, Wärmepumpen oder thermische Solaranlagen, hätte einen zusätzlichen Rückgang um 11% gebracht. Das Wachstum der ständigen Wohnbevölkerung und die Zunahme der Wohnfläche pro Kopf hingegen hätten eine Zunahme der Emissionen um 11% bzw. 2% bewirkt.

Technischer Fortschritt bei den Fahrzeugen reicht nicht aus, um Emissionen zu senken

Die Emissionen des Autoverkehrs der Haushalte wurden in folgende Faktoren zerlegt:

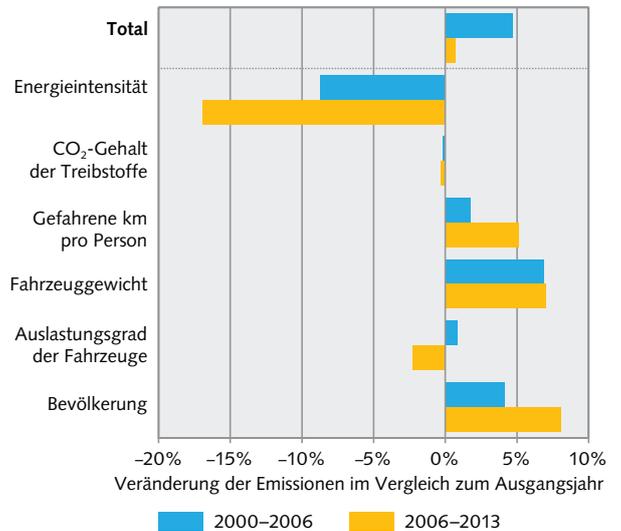
- ständige Wohnbevölkerung
- Auslastungsgrad der Fahrzeuge
- Fahrzeuggewicht
- gefahrene Kilometer pro Person
- fossiler CO₂-Gehalt der Treibstoffe (pro verbrauchte Energieeinheit freigesetztes CO₂)
- Energieintensität der Fahrzeuge²

¹ Die Heizgradtage resultieren aus der Summe der täglichen Differenz zwischen Aussentemperatur und Innentemperatur (20°C) für alle Tage, an denen die durchschnittliche Aussentemperatur höchstens 12°C beträgt.

² Die Energieintensität der Fahrzeuge (Energie pro transportiertes kg und pro zurückgelegten km) ist insbesondere abhängig von der Energieeffizienz der Fahrzeuge, vom Fahrverhalten der Automobilisten, von der Flüssigkeit des Verkehrs, von der Qualität der Infrastruktur (Strassenbelag) usw.

Zerlegung der fossilen CO₂-Emissionen des Verkehrs der Haushalte¹

G 4

¹ Ohne Emissionen im Ausland und ohne Motorräder

Quelle: BFS – Umweltgesamtrechnung

© BFS, Neuchâtel 2015

Zwischen 2000 und 2006 nahmen die Emissionen durch den Privatverkehr um 5% zu (G4). Dieser Anstieg könnte durch das höhere Gewicht der Fahrzeuge, die mit immer mehr Sicherheits- und Komfortausrüstungen ausgestattet sind, erklärt werden. Im gleichen Zeitraum hätte der rückläufige Auslastungsgrad der Fahrzeuge eine Zunahme der Emissionen um 1% herbeigeführt.

Zwischen 2006 und 2013 war der Anstieg der Emissionen mit 1% bescheidener als im vorangehenden Zeitraum. Das Wachstum der ständigen Wohnbevölkerung und des Fahrzeuggewichts sind die Hauptfaktoren für die wachsenden Emissionen (+8% bzw. +7%), während die Energieintensität, d.h. der geringere Treibstoffverbrauch der Fahrzeuge pro km und kg, sowie die Zunahme des Auslastungsgrads der Fahrzeuge zur Reduktion der Emissionen beitrugen (-17% bzw. -2%).

Der Emissionsrückgang infolge eines veränderten CO₂-Gehalts der Treibstoffe³ ist vernachlässigbar (-0,3%). Da jedoch Dieselmotoren im Allgemeinen effizienter sind als Benzinmotoren, bringt eine Ersetzung dieses Treibstoffs auch eine bessere Energieeffizienz mit sich (Faktor Energieintensität).

³ Diesel und Erdgas geben pro produzierte Energieeinheit weniger CO₂ ab als Benzin. Die Wahl eines anderen Treibstoffs bewirkt somit eine Verringerung der Emissionen. Dieser Faktor berücksichtigt auch die Abnahme der Emissionen aufgrund der vermehrten Nutzung von Elektrofahrzeugen.

Einfluss der Tätigkeiten im Ausland

Die Herstellung und der Transport importierter Produkte verursachen im Ausland Emissionen, die in den vorliegenden Komponentenerlegungen nicht berücksichtigt sind. Der Ausschluss dieser «versteckten» Emissionen in den Berechnungen hat einen Einfluss auf die Ergebnisse, insbesondere auf die Faktoren «strukturelle Zusammensetzung der BWS» und «Energieintensität».

Der Faktor der strukturellen Zusammensetzung der BWS reagiert empfindlich auf die Abwanderung von gewissen Branchen (vollständige Standortverlagerung einer Tätigkeit aus der Schweiz ins Ausland). Die Energieintensität wiederum ist abhängig davon, ob eine Branche bestimmte Prozesse, die viel Energie verbrauchen, ins Ausland verlagern (z.B. wenn eine Produktionsfirma gewisse Produktteile importiert, statt sie in der Schweiz herzustellen).

Analog werden Emissionen nicht berücksichtigt, die im Ausland bei der Produktion und Umwandlung von Energie anfallen. In importierter Energie können jedoch erhebliche Emissionen versteckt sein, insbesondere im Fall von Strom aus Kohlekraftwerken. Deshalb bewirkt die Substitution eines fossilen Energieträgers durch Elektrizität in den hier durchgeführten Komponentenerlegungen stets einen Rückgang der CO₂-Emissionen. In Wirklichkeit aber könnte diese Abnahme je nach Produktionsart des Stroms wesentlich geringer oder gar nicht vorhanden sein.

Die Umweltgesamtrechnung

Die in der vorliegenden Publikation präsentierten Komponentenerlegungen stützen sich unter anderem auf Daten aus den Luftemissionskonten und den Energiekonten. Diese Statistiken sind Teil der Umweltgesamtrechnung, die wiederum Satellitenkonten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung sind. Sie leiten sich von der umweltökonomischen Gesamtrechnung der UNO (*System of Environmental-Economic Accounting, SEEA*) ab. Sie ergänzen die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung um eine ökologische Dimension unter Einhaltung deren Konzepte, Definitionen, Klassifikationen und Rechnungslegungsgrundsätze. Somit dienen sie dazu, die Wechselwirkungen zwischen Umwelt und Wirtschaft aufzuzeigen.

Aufgrund der Anpassungen, die vorgenommen wurden, um die Kohärenz mit den Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zu gewährleisten, kommt es zu Abweichungen gegenüber den Daten des Treibhausgasinventars gemäss Kyoto-Protokoll oder der schweizerischen Gesamtenergiestatistik.

Methodik

Die Komponentenerlegung (*Index Decomposition Analysis, IDA*) ist eine Methode, die verwendet wird, um den Beitrag der Hauptfaktoren zu quantifizieren, die für die Veränderungen einer aggregierten Variable verantwortlich sind. Die Grundhypothese einer IDA zu den CO₂-Emissionen besteht in der Annahme, dass die Emissionen E Prozessen zuzuschreiben sind, die mit den Faktoren A , B , C , ... beschrieben werden (Gleichung 1).

$$E = A \times B \times C \quad (1)$$

Zum Beispiel scheint es plausibel, dass die Menge der in einem Land durch Fahrzeuge freigesetzten CO₂-Emissionen davon abhängig ist, wie viele Fahrzeuge im Land vorhanden sind, wie viele Kilometer jährlich pro Fahrzeug gefahren werden und wie hohe CO₂-Emissionen ein Fahrzeug verursacht. Die gewählten Faktoren müssen untereinander *kohärent* sein, d.h. das Produkt ihrer Masseneinheiten muss mit der Masseinheit der Emissionen übereinstimmen und es muss eine Kausalitätsbeziehung zwischen den Parametern und den CO₂-Emissionen bestehen. Die durchschnittliche Körpergrösse der Autofahrerinnen und -fahrer wäre als Komponente nicht geeignet, da die Emissionen nicht von diesem Parameter abhängen.

Mit einer mathematischen Transformation kann die Veränderung der Emissionen zwischen zwei Jahren t_0 und t_1 als Summe dargestellt werden:

$$E_{t_1} - E_{t_0} = \Delta E = \Delta E_A + \Delta E_B + \Delta E_C \quad (2)$$

Die Wirkung der Faktoren A , B und C auf den Verlauf der Emissionen ΔE_A , ΔE_B und ΔE_C wird unter der Annahme berechnet, dass die übrigen Faktoren konstant bleiben (*ceteris paribus*). Der Wert von ΔE_A entspricht somit der Veränderung der Emissionen, die allein auf den Faktor A zurückzuführen ist, d.h. einer Situation, bei der die Faktoren B und C über diese Zeit gleich geblieben wären. Dank dieser Zerlegung lässt sich die Wirkung der einzelnen Parameter von der Gesamtentwicklung der Emissionen unterscheiden. Wenn wir das erwähnte Beispiel nehmen, ist es dadurch möglich, getrennt zu betrachten, welcher Anteil der Emissionszunahme auf die höhere Zahl von Fahrzeugen zurückzuführen ist und welcher Anteil auf die gestiegene Mobilität der Personen.

Es gibt verschiedene mathematische Transformationsmethoden, um von Gleichung 1 zu Gleichung 2 zu gelangen. Die in dieser Publikation präsentierten Ergebnisse basieren auf der Methode des *Log Mean Divisia Index I* (LMDI I). Diese Methode wurde wegen ihrer soliden theoretischen Grundlage und der flexiblen Anwendung gewählt. Die Veränderung der für die Berechnung eines Faktors verwendeten Variable kann jedoch aufgrund der methodenbedingten Annäherungswerte von der tatsächlichen Veränderung des Faktors abweichen. Auf das vorstehende Beispiel übertragen heisst dies, dass sich die Veränderung des Faktors, der sich auf den Fahrzeugbestand bezieht, leicht von der Veränderung der Anzahl immatrikulierter Fahrzeuge unterscheiden kann.

Impressum

Herausgeber: Bundesamt für Statistik (BFS)

Konzept, Redaktion: Flavio Malaguerra

Layout: DIAM, Prepress/Print

Übersetzungen: Sprachdienste BFS, **Sprachen:** Verfügbar als PDF (oder gedruckt) auf Deutsch, Französisch, Italienisch und Englisch

Auskunft: Bundesamt für Statistik, Sektion Umwelt, Nachhaltige Entwicklung, Raum, Flavio Malaguerra, Tel. 058 463 62 39, umwelt@bfs.admin.ch

Bestellnummer: 1483-1300, gratis

Bestellungen: Tel. 058 463 60 60, Fax 058 463 60 61, order@bfs.admin.ch