

Bericht im Auftrag des BAFU

Wirkungsanalyse der VOC-Lenkungsabgabe

Auswertung der VOC-Bilanzen 2015/16

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), CH-3003 Bern
Abteilung Ökonomie und Innovation
Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien

Auftragnehmer

Carbotech AG, CH-4002 Basel

Verfasser

Andi Schneider
Yvonne Eggenberger

Begleitung BAFU

Jan-Aaron Klaassen
Jürg Kurmann
Beat Müller

Hinweis

Diese Studie wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Basel, September 2018

Inhaltsverzeichnis

1 Auswertung der VOC-Bilanzen 2015/16	4
1.1 Ausgangslage	4
1.2 Zielsetzung	4
1.3 Vorgehen	4
1.4 Auswahl der Bilanzen 2015/16	4
1.5 Branchendefinition	5
1.6 Abschätzen der diffusen Emissionen	5
1.7 Auswertung der Befreiungsanträge (Ziffer 22)	5
1.8 Betroffenheitsanalyse	6
1.9 Zusammenfassendes Ergebnis	8
2 Zeitreihe über Betriebe	10
2.1 Bilanzierende Betriebe	10
2.2 Art. 9 VOCV	12
3 Abluftreinigungsanlagen in der Schweiz	16
4 Vergleich der VOC-Emissionsreduktion mit dem europäischen Umland	18
5 Vergleich mit den EMIS-Daten	20
6 Zusammenfassung	22
7 Fazit	23
Anhang 1 Emissionsfaktoren	
Anhang 2 VOC-Bilanzdaten 2015/16	
Anhang 3 Abschätzung der LUVOC-Emissionen	
Anhang 4 Vergleich der LUVOC-Emissionsschätzungen mit den Vorjahren	

1 Auswertung der VOC-Bilanzen 2015/16

1.1 Ausgangslage

Im Auftrag des BAFU hat die Carbotech AG die VOC-Bilanzen 2007 und 2010 ausgewertet (Kurzberichte 129.18, 2009, 129.21, 2010 und 129.29, 2013) und dabei auch die VOC-Emissionen der nach Artikel 9 VOCV befreiten Betriebe abgeschätzt. Da diese Befreiungsmöglichkeit bis Ende 2012 befristet war, wurden auch die finanziellen Auswirkungen für die betroffenen Betriebe ermittelt. In der Zwischenzeit ist die VOCV revidiert worden und die Befreiung ist ab 2013 unbefristet, jedoch unter neuen Bedingungen, weiterhin möglich. Das BAFU hat daher die Carbotech AG beauftragt, die VOC-Bilanzen 2013 und 2016 unter besonderer Berücksichtigung der nach Art. 9 VOCV befreiten Betriebe auszuwerten, um die Entwicklung der VOC-Emissionen zu verfolgen und die Basis für einen künftigen Emissionsvergleich zu legen. Die Auswertung der VOC-Bilanzen 2013 ist in einem separaten Bericht beschrieben (Carbotech 2017). Diese Arbeit beschreibt die Auswertung der VOC-Bilanzen 2015/16.

1.2 Zielsetzung

Sämtliche VOC-Bilanzen 2016 sollen ausgewertet werden, um die Emissionen der bilanzierenden Betriebe abschätzen zu können. Insbesondere die Bilanzen der nach Art. 9 VOCV befreiten Betriebe sollen ausgewertet werden, um die Einsparungen, welche die Befreiungsmöglichkeit diesen Betrieben erlaubt, zu ermitteln.

1.3 Vorgehen

Aus der Zielsetzung leiten sich die folgenden Arbeitsschritte ab:

1. Auswahl der Bilanzen 2016
2. Branchendefinition
3. Abschätzen der diffusen Emissionen
4. Auswertung der Befreiungsanträge (Ziffer 22) und Betroffenheitsanalyse

1.4 Auswahl der Bilanzen 2015/16

Die Oberzolldirektion (OZD) erfasst seit einiger Zeit sämtliche VOC-Bilanzen in der Excel-Tabelle „Bilanzfassung VOC-Emissionen“, welche der Carbotech zur Weiterbearbeitung zur Verfügung gestellt wurde. Aus dieser Tabelle sollten die VOC-Bilanzen 2016 ausgewählt werden, d.h. Bilanzen mit Beginn des Bilanzjahres am 1.1.2016 (resp. zwischen dem 1.7.2015 und dem 30.6.2016, wenn Geschäfts- und Kalenderjahr nicht zusammenfallen). Da die vorliegenden Arbeiten aus politischen Gründen ein halbes Jahr früher als geplant durchgeführt wurden, war erst ein Teil der VOC-Bilanzen beim Zoll eingegangen. In Absprache mit dem BAFU wurde daher entschieden, die Bilanzen 2015 auszuwerten. Um die Lenkungswirkung seit der Ordnungsänderung im Jahr 2013¹ möglichst aktuell zu erfassen, sollten für die nach Artikel 9 befreiten Betriebe dagegen die Bilanzen 2016 ausgewertet werden (siehe Kapitel 1.7). Die Arbeiten beruhen auf dem Stand der Excel-Tabelle vom 2.10.2017.

¹ Neue Befreiungslösung mit Vorgaben für die beste verfügbare Technik (BvT) in Anhang 3 der VOCV.

Am Stichtag fanden sich 519 VOC-Bilanzen 2015 in der Datei. Dazu kommen 94 Bilanzen von Betrieben mit einer Befreiung nach Art. 9 VOCV.

1.5 Branchendefinition

Um einen Vergleich mit dem Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionsinventar des BAFU sowie mit früheren Erhebungsergebnissen zu ermöglichen, wurde jeder Betrieb einer Branche resp. einer Aktivität zugewiesen. Bei den von der OZD mit Branchenzugehörigkeit erfassten Betrieben erfolgte dies soweit möglich an Hand der vorliegenden Angaben. Die restlichen Betriebe wurden auf Grund der Branchenkenntnisse der Carbotech, Internetrecherchen oder Angaben in der Bilanz einer Aktivität zugewiesen. Bei einem Vergleich der Daten aus den VOC-Bilanzen mit jenen der BAFU-Emissionsbilanz ist zu berücksichtigen, dass den bilanzierenden Betrieben jeweils nur eine Hauptaktivität zugewiesen werden konnte. So wurden Betriebe der Uhren- und Maschinen-Industrie allgemein der „Metallentfettung“ zugewiesen, auch wenn teilweise Farben und Lacke zur Anwendung gelangen. Die Anzahl bilanzierender Betriebe pro Aktivität/Branche ist in der Tabelle in Anhang 2 ersichtlich. Beinahe die Hälfte der Betriebe wird der Metallreinigung oder der Chemie/Pharma zugewiesen.

1.6 Abschätzen der diffusen Emissionen

Insgesamt wurden in den 613 VOC-Bilanzen 3'573 Tonnen diffuse VOC-Emissionen bilanziert. Die Abschätzung der VOC-Emissionen der 94 Betriebe mit Befreiung nach Art. 9 erfolgt in Kapitel 1.7. Bei den übrigen 519 Betrieben wurden die diffusen Emissionen mit Hilfe der Emissionsfaktoren in Anhang 1 geschätzt. Bei 156 Betrieben ergab die Schätzung höhere diffuse Emissionen als bilanziert. Die Differenz zwischen bilanzierten und geschätzten diffusen Emissionen wurde bei diesen Betrieben zu den VOC-Emissionen addiert – allerdings nur bei Betrieben ohne Abluftreinigungsanlage. Diese Abschätzung ergibt zusätzlich 1'621 Tonnen VOC-Emissionen.

In den Bilanzen werden die diffusen Emissionen oft unterschätzt, teilweise sind gar keine diffusen Emissionen ausgewiesen. Gründe dafür sind u.a.:

- VOC-Bilanzen sind Selbstdeklarationen. Abgabepflichtige Positionen werden eher unterschätzt.
- Der VOC-Gehalt von Abfällen kann überschätzt werden, wenn neben der Lenkungsabgabe unterstellte VOC (LUVOC) auch nicht unterstellte VOC (übrige VOC) in den Abfällen enthalten sind oder bei der Verwendung von spezifischen Durchschnittswerten.
- Wenn in einer vereinfachten Bilanz nach Merkblatt 55.20 1.7.c zur Rückerstattung der VOC in Abfällen nicht alle Eingänge angegeben werden.
- Wenn nur sporadisch bilanziert wird, weil Abfälle gesammelt und nicht jedes Jahr entsorgt werden.

1.7 Auswertung der Befreiungsanträge (Ziffer 22)

48 VOC-Bilanzen 2016 mit Befreiung nach Art. 9 fanden sich in der Excel-Tabelle „Bilanzfassung VOC-Emissionen“ der Oberzolldirektion. Auf der Liste der Firmen mit verfügbarem Massnahmenplan resp. Feststellung der besten verfügbaren Technik (BvT) des BAFU figurieren 102 Betriebe. Die ausstehenden Bilanzen wurden vom BAFU bei den Kantonen angefordert. Fünf Betriebe haben für 2016 keine Befreiung beantragt und drei die Bedingungen nicht erfüllt. Insgesamt sollten 2016 94 Betriebe nach

Art. 9 befreit sein. Von 77 Betrieben trafen die VOC-Bilanzen 2016 rechtzeitig ein und konnten ausgewertet werden. Für die restlichen 17 Betriebe musste auf die Bilanzen 2015 zurückgegriffen werden. Ermittelt wurden die Reingasemissionen der Abluftreinigungsanlage (ALURA), die Emissionen bei Nichtverfügbarkeit der ALURA sowie die diffusen Emissionen. Bei der Abschätzung der diffusen Emissionen wurden in erster Linie die Angaben der kantonalen Fachstellen (in den Begleitschreiben zur VOC-Bilanz) oder der externen Experten (in den Beurteilungsberichten zur Befreiung gem. Art. 9 VOCV) übernommen, soweit solche vorhanden waren. Auf Angaben des Betriebs wurde in zweiter Linie abgestellt. Nur in Fällen ohne plausible Angaben wurden die diffusen Emissionen vorsichtig abgeschätzt. Fünf Chemie/Pharma-Betriebe gaben keine diffusen Emissionen an. Bei diesen wurden 0.1 % diffuse VOC-Emissionen angenommen. Bei sechs Betrieben der Kategorie „Übrige“ ohne Angaben wurde jeweils 1 % diffuse Emissionen angenommen. 14 der 20 Verpackungsdruckereien gaben keine oder extrem tiefe diffuse Emissionen an, oft weniger als 1 % der Eingänge². Der Grund dafür ist teilweise die falsche Vorgabe im sog. SOLV-tool, dass die Emissionen BvT-konformer Quellen entgegen dem Verordnungstext nicht abgeschätzt werden müssen. Angenommen wurden bei diesen 14 Betrieben minimale diffuse Emissionen von 5 %³.

Bei den Betrieben mit verfügbarem Massnahmenplan wurde überprüft, ob die bis Ende 2015 vorgesehenen Massnahmen umgesetzt worden sind. Sofern keine aktuelle Schätzung der diffusen VOC-Emissionen vorlag, wurde das im ursprünglichen Gesuch angegebene Reduktionspotential als realisiert angenommen. Die tatsächliche Wirkung der Massnahmen wird im Allgemeinen erst nach Abschluss der ersten Laufzeit überprüft.

Die Auswertung der Befreiungsanträge ergibt VOC-Emissionen von 2'507 Tonnen (363 t VOC im Reingas, 403 t VOC bei Nichtverfügbarkeit und 1'741 t diffuse VOC-Emissionen).

1.8 Betroffenheitsanalyse

Mehr als die Hälfte der 94 Betriebe mit einer Befreiung von der VOC-Lenkungsabgabe gehören zu den beiden Branchen Chemie/Pharma und Verpackungsdruck.

Branche	Anzahl Betriebe
Chemie, Pharma-, Aromen- und Riechstoffherstellung	34
Verpackungsdruck	20
EPS-Verarbeitung	9
Farben-, Lack- und Bindemittelherstellung	4
Übrige	27
Total	94

Unter „Übrige“ zusammengefasst werden Anwendung von Klebstoffen (6 Betriebe), Metallreinigung (5), Farbanwendung (4), Textilveredlung (4), Kläranlagen (2) sowie je ein Betrieb der Branchen Druckerei, Elektronik, Giessereien, wissenschaftliche Labors, Papier und Steinwolle.

² Aus den VOC-Bilanzen können für 5 Betriebe diffuse Emissionen > 15 %, für 1 Betrieb zwischen 5 und 15 % und für 14 Betriebe < 5 % abgeleitet werden.

³ Die Schätzungen erhöhen sich um 1'352 t VOC pro Jahr, wenn mit 15 % diffusen Emissionen im Verpackungsdruck gerechnet wird (was einer realistischeren Annahme von Experten entspricht).

Die 94 Betriebe weisen 2015/16 einen VOC-Umschlag von über 668'000 Tonnen aus (Total VOC-Eingänge = Ziffer 11 der VOC-Bilanzen gem. OZD-Tabelle). Den überwiegenden Teil schlägt die Branche Chemie/Pharma um.

Branche	VOC-Umschlag [t/a]
Chemie, Pharma-, Aromen- und Riechstoffherstellung	629'317
Verpackungsdruck	18'067
EPS-Verarbeitung	1'905
Farben-, Lack- und Bindemittelherstellung	4'608
Übrige	14'386
Total	668'282

In Kapitel 1.7 sind die nach Art. 9 VOCV befreiten Emissionen der 94 Betriebe mit insgesamt 2'507 t im Jahr 2015/16 geschätzt worden. 64 % dieser VOC-Emissionen entstehen im Verpackungsdruck, obwohl in dieser Branche bei der Auswertung sehr vorsichtig geschätzt wurde.

Branche	befreite Emissionen [t VOC]	befr. Emis./VOC-Umschlag [%]
Chemie, Pharma-, Aromen- und Riechstoffherstellung	314	0.05
Verpackungsdruck	1'559	8.63
EPS-Verarbeitung	141	7.40
Farben-, Lack- und Bindemittelherstellung	54	1.17
Übrige	439	3.05
Total	2'507	0.38

Neben den befreiten VOC-Emissionen bilanzieren die 94 Betriebe rund 304 Tonnen VOC-Emissionen, für welche die Lenkungsabgabe entrichtet worden ist (nicht befreite Anlagen).

Aus den geschätzten VOC-Emissionen lässt sich für jeden nach Art. 9 befreiten Betrieb berechnen, wie hoch seine potentielle Abgabenlast wäre. Die Kosten, die durch die Befreiung entstehen, sind hier nicht eingerechnet (Investitionskosten, administrative Kosten etc.). 16 Betriebe sparen nach diesen Schätzungen mehr als CHF 100'000.– ein: 10 Verpackungsdrucker, 3 Chemie/Pharmabetriebe sowie 3 „Übrige“. Im Mittel sparen die Betriebe rund CHF 78'000.– ein, der Median liegt bei CHF 23'000.–.

Potentielle Abgabenlast [CHF]	Betriebe	Branche / Aktivität
> 1'000'000	2	Verpackungsdruck
500'000 - 1'000'000	1	Verpackungsdruck
200'000 - 500'000	3	Verpackungsdruck
	1	Anw. von Klebstoffen
100'000 - 200'000	1	Kläranlage
	4	Verpackungsdruck
	3	Chemie/Pharma
< 100'000	1	Textilveredlung
	78	diverse
7'500'000	94	Total

Die geforderte Unterschreitung der vorsorglichen Emissionsbegrenzungen um mindestens 50 % bereitet den meisten Betrieben keine Schwierigkeiten. Nur bei 4 der 111 Abluftreinigungsanlagen in den 94 Betrieben wird eine Unterschreitung zwischen 50 und 60 % ausgewiesen, bei 13 Anlagen zwischen 60 und 75 %. Durchschnittlich liegen die Anlagen 87.5 % unter den zulässigen Werten.

Auch die geforderte Verfügbarkeit der Anlagen von 95 % der Betriebszeit wird deutlich übertroffen. Nur bei 12 Anlagen liegt die Verfügbarkeit unter 97 %, bei 34 zwischen 97 und 99 %, bei 60 Anlagen jedoch bei 99 % oder darüber. Im Mittel sind die Abluftreinigungsanlagen während 98.9 % der Betriebszeit verfügbar.

Allerdings wurde 2016 drei Betrieben die Befreiung verwehrt, weil ihre Anlagen die Bedingungen nicht erfüllt hatten.

1.9 Zusammenfassendes Ergebnis

Die Auswertung der 613 VOC-Bilanzen 2015/16 ergibt Emissionen von insgesamt knapp 8'178 Tonnen VOC⁴. Nach Erhebungen der OZD haben diese Betriebe für ihre bilanzierten Emissionen netto CHF 12'148'442.– VOC-Lenkungsabgabe entrichtet.

Aus diesem Ergebnis wurde eine Abschätzung der LUVOC-Emissionen 2015/16 abgeleitet (siehe Anhang 3). Von den 119.96 Mio CHF Gesamtertrag aus der VOC-Lenkungsabgabe⁵ stammen 107.81 Mio CHF von Nichtbilanzierern (Private oder Betriebe, die keine VOC-Bilanz erstellt haben). Das entspricht 35'939 Tonnen VOC. Für 2001 wurde geschätzt, dass 8.5 % dieser VOC nicht emittiert wurden, sondern u.a. als Sonderabfall korrekt entsorgt worden sind⁶. Für 2015/16 lässt sich unter Verwendung des gleichen Prozentsatzes eine Emission der Nichtbilanzierer von 32'884 Tonnen berechnen.

Für die Emissionen aus Produkten, die nicht auf der Stoff-Positivliste (Anhang 1 VOCV) stehen resp. weniger als 3 % VOC enthalten und daher nicht belastet sind, wurden dieselben Annahmen getroffen wie 2001 (VOC-Emissionen von 2'500 Tonnen). Insgesamt lassen sich aus dem Ertrag der Lenkungsabgabe und den Angaben in den VOC-Bilanzen 43'562 Tonnen VOC-Emissionen ableiten. Das bedeutet, dass mit der Auswertung der VOC-Bilanzen circa 20 % der emissionsrelevanten Aktivitäten auf einer vergleichsweise guten Datenbasis analysiert werden können. Diverse Faktoren, die mangels konkreter Angaben nicht quantifiziert werden konnten, weisen eher in Richtung höherer Emissionen (siehe Anhang 3)⁷.

In Abbildung 1 werden diese Emissionsschätzungen 2015/16 mit jenen für 2001, 2007, 2010 und 2013 verglichen. Auf Grund der Erträge aus der VOC-Lenkungsabgabe und der Auswertung der VOC-Bilanzen kann ein stetiger Rückgang der LUVOC-Emissionen festgestellt werden. Seit 2001 haben die LUVOC-Emissionen um 29 % abgenommen. Die Emissionsschätzung 2001 ist auf Grund der unbekanntem Mengen unbelasteter Lösungsmittel (vor Einführung der Lenkungsabgabe eingekauft) allerdings relativ unsicher.

⁴ Bilanzierte Emissionen 4'049 Tonnen VOC. Keine Abgabe entrichtet wurde auf den in dieser Arbeit zusätzlich geschätzten diffusen Emissionen (1'621 Tonnen VOC, siehe Kapitel 1.6) sowie auf den Emissionen mit Befreiung nach Art. 9 VOCV (2'507 Tonnen VOC, siehe Kapitel 1.7).

⁵ Es ist der Mittelwert der Gesamterträge aus den Jahren 2015 und 2016 angegeben, da bei bilanzierenden Betrieben die Rückerstattung resp. Nachbezahlung der Lenkungsabgabe erst (frühestens) im Folgejahr fällig ist. Auch bei den Vergleichsjahren wurde der Mittelwert aus Bezugs- und Folgejahr gebildet. Dadurch können die starken jährlichen Schwankungen beim Gesamtertrag geglättet werden.

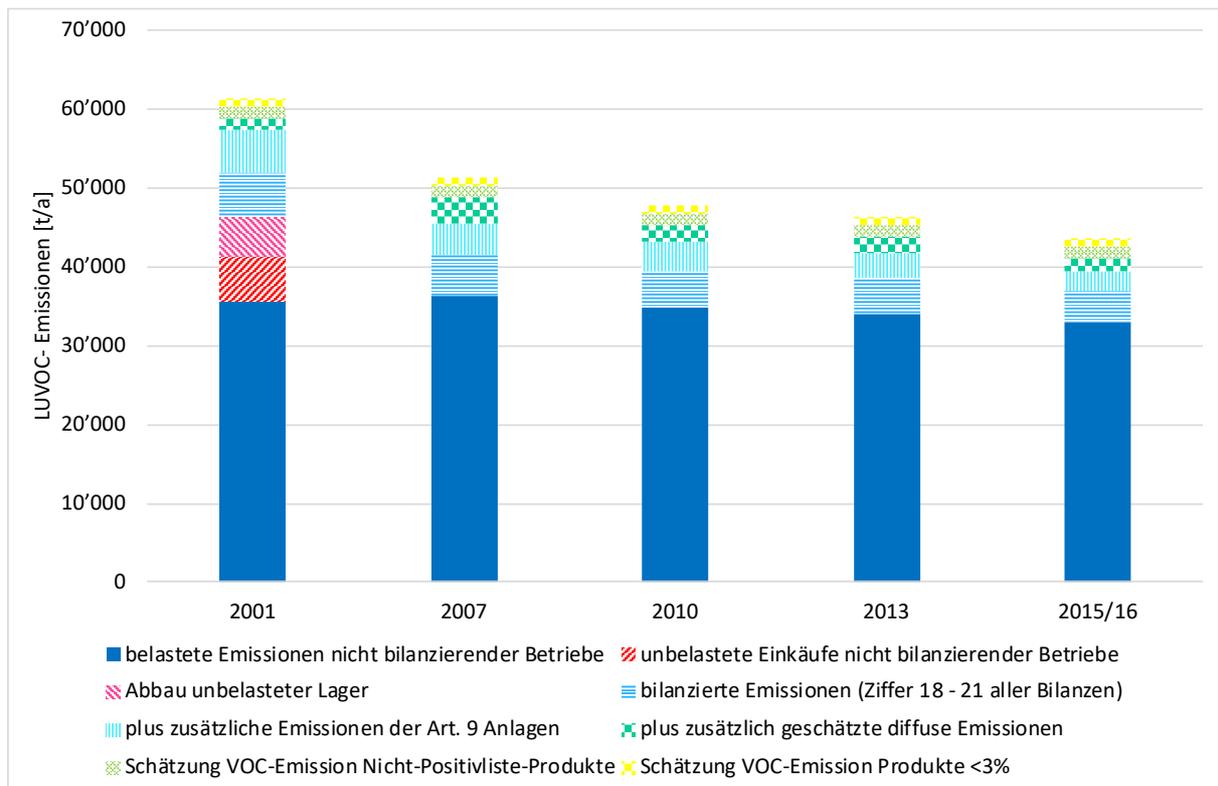
⁶ Für Kleinmengen besteht bei der Sonderabfallentsorgung kein Rückerstattungsanspruch, d.h. Beträge unter CHF 3'000.– werden nicht rückerstattet.

⁷ Auch wenn die LUVOC-Emissionen möglicherweise etwas unterschätzt werden, kann die Emissions-Entwicklung gut verfolgt werden, da diese Faktoren die Ergebnisse in den betrachteten Jahren in ähnlicher Weise beeinflussen dürften.

Seit 2007 bis 2015/16 ist ein Rückgang der LUVOC-Emissionen um 15 % feststellbar. Die Emissionen der bilanzierenden Betriebe haben um gut einen Drittel abgenommen. Die Emissionsminderung beträgt bei den Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOCV 47 %, bei den bilanzierenden Betrieben ohne Befreiung 25 %. Doch auch die Emissionen der nichtbilanzierenden Betriebe in Industrie und Gewerbe sowie der Privaten konnten um 9,5 % gesenkt werden.

Bei diesem prozentualen Vergleich ist zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Kollektive miteinander verglichen werden⁸ (siehe auch Kapitel 2).

Abbildung 1 LUVOC-Emissionsschätzung [t/a] aus VOCV-Daten der Jahre 2001, 2007, 2010, 2013 und 2015/16



Die Zahlenwerte zu dieser Abbildung finden sich in Anhang 4.

⁸ Wenn ein Emissions-intensiver Betrieb erstmals bilanziert oder eine Befreiung erhält, steigen die Emissionen in der neuen Kategorie und sinken in der ursprünglichen Kategorie, ohne dass effektiv Veränderungen erfolgt sind. Wenn grössere Emittenten im Jahr 2015/16 eine VOC-Bilanz erstellt haben, nicht aber im Jahr 2007, würde die Emissionsminderung von 2007 bis 2015/16 bei den Bilanzierern geringer ausfallen. Über sämtliche VOC-Bilanzen kann von 2007 bis 2015/16 ein Rückgang der VOC-Emissionen um 34,2 % festgestellt werden. Werden nur die Emissionen jener rund 390 Betriebe, die in beiden Jahren eine Bilanz eingereicht haben, miteinander verglichen, beträgt der Rückgang 32,3 %. D.h. dass die Emissionsminderung bei den Nicht-Bilanzierern nicht auf neuerdings bilanzierende Grosseemittenten, sondern effektiv auf Minderungsmaßnahmen bei den nicht-bilanzierenden Betrieben und Privaten zurückzuführen ist.

2 Zeitreihe über Betriebe

2.1 Bilanzierende Betriebe

Die VOC-Bilanzen der Jahre 2001, 2007, 2010, 2013 und 2015/16 sind ausgewertet worden. Trotz ansteigendem VOC-Umsatz⁹ nehmen die bilanzierten belasteten Emissionen ab, durchschnittlich von drei-viertel auf deutlich unter ein halbes Prozent der Eingänge. Der Rückgang erfolgte in den Kategorien Recycling, Abwasser und gefasste Abluft, während die belasteten diffusen VOC-Emissionen schwanken und nur einen leichten Rückgang erkennen lassen¹⁰.

Tabelle 1 VOC-Eingänge und belastete Emissionen sämtlicher bilanzierender Betriebe 2001, 2007, 2010, 2013 und 2015/16

Jahr	Anzahl VOC-Bilanzen	Total VOC-Eingänge (Ziffer 11)	Emissionen beim Recycling (Ziffer 18: belastet)	Emissionen aus Abwasser (Ziffer 19: belastet)	gefasste Abluft: Emissionen belastet (Ziffer 20)	Diffuse Emissionen belastet (Ziffer 21)	Belastete Emissionen total	Belastete Emissionen / Eingänge
		in t VOC	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in %
2001	465	760'274	47	193	1'569	3'782	5'591	0.74 %
2007	646	820'096	6	149	869	4'100	5'124	0.62 %
2010	642	848'427	4	112	762	3'758	4'636	0.55 %
2013	637	964'703	2	85	771	3'884	4'744	0.49 %
2015/16	613	985'943	8	57	411	3'573	4'049	0.41 %

Neben den belasteten wurden auch die befreiten Emissionen ermittelt. Bei Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOCV wurde der Anhang zu Ziffer 22 ausgewertet. Bedingung für eine Befreiung ist, dass eine Anlage an eine Abluftreinigungsanlage angeschlossen ist. Diese muss zu mindestens 95 % verfügbar und die LRV-Emissionsbegrenzungen um mindestens 50 % unterschritten sein. Seit 2013 muss die Anlage zudem nach BvT betrieben werden oder BvT muss innert fünf Jahren zwingend erreicht werden. Aus Ziffer 22 können die VOC-Mengen im Reingas und bei Nichtverfügbarkeit der Abluftreinigungsanlage berechnet werden. Die diffusen Emissionen wurden aus Angaben der Betriebe oder der kantonalen Behörden übernommen oder auf Grund der Branchenzugehörigkeit geschätzt und in der Spalte „Befreite Emissionen geschätzt (Ziffer 22)“ in Tabelle 2 eingetragen.

Bei den übrigen Betrieben wurden die diffusen Emissionen, falls nur minimale oder gar keine Mengen bilanziert worden sind, aus Angaben der kantonalen Behörden übernommen oder auf Grund der Branchenzugehörigkeit geschätzt (Spalte „Diffuse Emissionen geschätzt“). Die Summe der belasteten und

⁹ Der VOC-Umsatz eines Jahres entspricht Ziffer 11 der VOC-Bilanz = Einkäufe von VOC und VOC-haltigen Produkten plus Lager Anfang Jahr minus Lager Ende Jahr. (In seltenen Fällen kommen noch die im Betrieb hergestellten VOC und VOC-Nebenprodukte dazu.) Die VOC-Umsatzsteigerung erfolgte vornehmlich in der emissionsarmen Branche Chemie, Pharma, Aromen und Parfüm. Es ist zu beachten, dass VOC-Mengen mehrfach von verschiedenen Betrieben bilanziert werden können (VOC-Importeur, Produkt-Hersteller, Produkt-Anwender). Da nicht anzunehmen ist, dass sich die Handelsbeziehungen im Verlauf der Jahre wesentlich verändert haben, entspricht der Anstieg der VOC-Eingänge dennoch einem vermehrten Verbrauch von VOC.

¹⁰ Die belasteten diffusen Emissionen waren im 2001 vergleichsweise gering, da noch grosse Mengen unbelasteter Lösungsmittel im Einsatz waren.

der befreiten Emissionen („Emissionen total“) zeigt, obwohl die diffusen Emissionen 2001 sehr zurückhaltend geschätzt worden sind, einen Rückgang. Durchschnittlich wurden 2001 1.66 %¹¹ der eingesetzten VOC emittiert, 2015/16 nur noch die Hälfte (0.83 %).

Tabelle 2 Nicht belastete VOC-Emissionen und Totalemissionen der bilanzierenden Betriebe 2001, 2007, 2010, 2013 und 2015/16

Jahr	Diffuse Emissionen geschätzt	Befreite Emissionen (Ziffer 22 + teilw. geschätzt)	Emissionen total	Emissionen / Eingänge
	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in %
2001	1'588	5'451	12'629	1.66 %
2007	3'165	4'132	12'422	1.51 %
2010	1'973	3'843	10'452	1.23 %
2013	1'964	3'053	9'760	1.01 %
2015/16	1'621	2'507	8'178	0.83 %

Der Rückgang der aus den VOC-Bilanzen abgeleiteten Emissionen ist jedoch durch weitere Auswertungen zu überprüfen, da nicht immer die gleichen Betriebe eine VOC-Bilanz erstellen und hier nicht gleiche Kollektive miteinander verglichen werden. So ist beispielsweise 2013 Styrol von der Stoff-Positivliste gestrichen worden, so dass die Verarbeiter ungesättigter Polyesterharze ab diesem Jahr keine VOC-Bilanz mehr erstellen. In früheren Vergleichsjahren stammten zwischen 46 und 61 Bilanzen aus dieser Branche.

Aus diesem Grund wurden diejenigen Betriebe ermittelt, die in allen fünf Bezugsjahren eine VOC-Bilanz eingereicht hatten. Insgesamt haben 197 Betriebe in den Jahren 2001, 2007, 2010, 2013 und 2015/16 ihren VOC-Umsatz bilanziert. In Tabelle 3 sind VOC-Umschlag und Emissionen dieser Betriebe zusammengefasst. Die „diffusen Emissionen geschätzt“ 2001 wurden zur besseren Vergleichbarkeit rückwirkend ähnlich wie in den Vergleichsjahren abgeschätzt und von 1'441 auf 2'163 Tonnen korrigiert (2001 waren noch grosse Mengen VOC im Einsatz, die vor Einführung der Lenkungsabgabe eingelagert worden waren, wodurch die Emissionsschätzung besonders schwierig war).

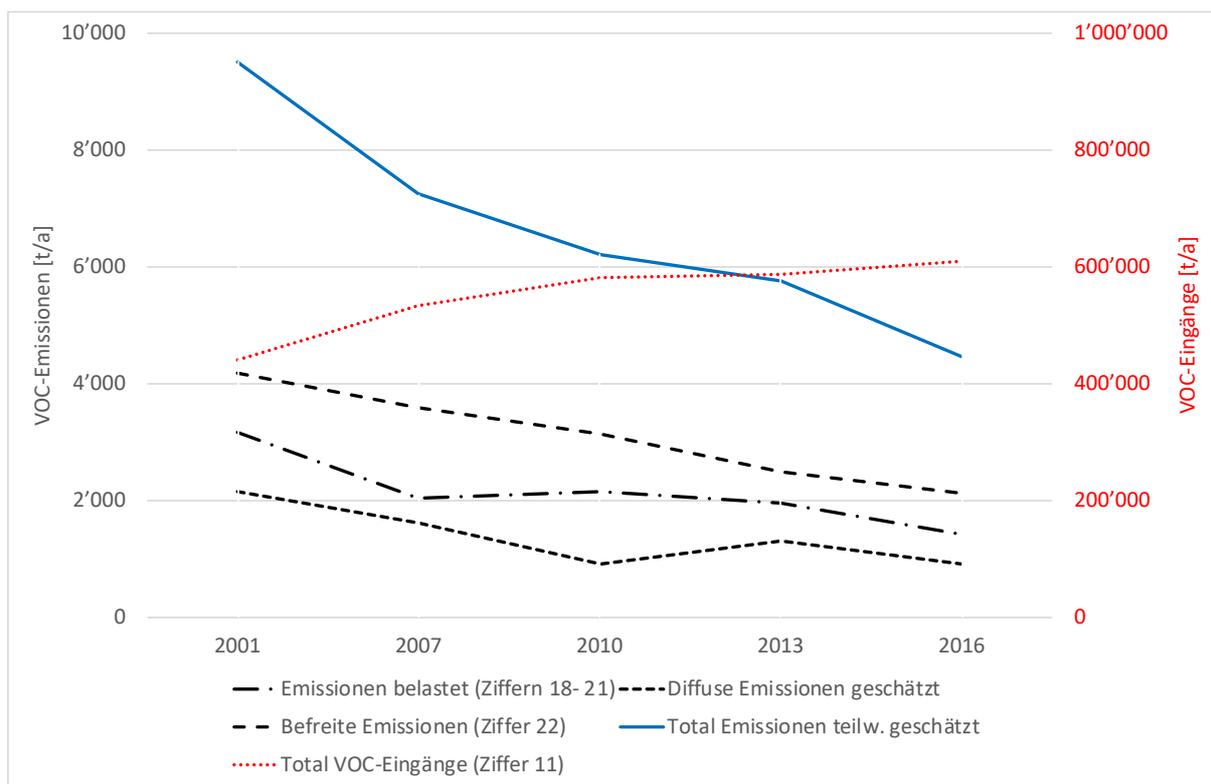
Tabelle 3 VOC-Eingänge und Emissionen der 197 Betriebe mit VOC-Bilanz in den Jahren 2001, 2007, 2010, 2013 und 2015/16

Bilanz-jahr	Total VOC-Eingänge (Ziffer 11)	Emissionen bei Recycling (Ziffer 18: belastet)	Emissionen aus Abwasser (Ziffer 19: belastet)	gefaste Abluft: Emissionen belastet (Ziffer 20)	Diffuse Emissionen belastet (Ziffer 21)	Diffuse Emissionen geschätzt	Befreite Emissionen (Ziffer 22 + teilw. geschätzt)	Total Emissionen (teilw. geschätzt)	Emissionen / Eingänge
	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in %
2001	441'650	41	163	956	2'010	2'066	4'180	9'416	2.13 %
2007	534'190	5	144	515	1'366	930	3'598	6'558	1.23 %
2010	581'158	3	108	621	1'436	665	3'136	5'970	1.03 %
2013	587'601	2	67	457	1'430	815	2'503	5'274	0.90 %
2016	611'128	7	52	248	1'106	897	2'131	4'442	0.73 %

¹¹ 2001 waren noch viele unbelastete Lösungsmittel im Einsatz, die noch vor Einführung der VOC-Lenkungsabgabe importiert worden waren. Werden die diffusen VOC-Emissionen ähnlich wie in den Folgejahren 2007, 2010 und 2013 geschätzt, wären 2001 beinahe 2 % der eingesetzten Menge emittiert.

Die 197 Betriebe haben im Betrachtungszeitraum die VOC-Emissionen in allen Kategorien senken können. Insgesamt erzielten sie eine Emissionsreduktion um über 50 %. Gleichzeitig wurde der VOC-Umsatz um über ein Drittel gesteigert. Die Emissionsrate fiel von 2.13 % der eingesetzten VOC-Menge auf 0.73 % oder um knapp zwei Drittel.

Abbildung 2 Vergleich der VOC-Eingänge [100 t/a] und Emissionen [t/a] der 197 Betriebe mit VOC-Bilanz in den Jahren 2001, 2007, 2010, 2013 und 2015/16



2.2 Art. 9 VOCV

In den Jahren 2001, 2007, 2010, 2013 und 2016 hatten jeweils zwischen 94 und 104 Betriebe nach Art. 9 VOCV befreite Anlagen. In diesen fünf Jahren, in welchen alle VOC-Bilanzen ausgewertet wurden, hatten insgesamt 158 Betriebe in einem oder mehreren der Bezugsjahre eine Befreiung erhalten. 49 Betriebe waren in allen fünf Jahren nach Art. 9 VOCV befreit. Die Entwicklung der Emissionen dieser 49 Betriebe wird im Folgenden dargestellt.

Die 49 Betriebe verteilen sich auf die Branchen:

Chemie, Pharma-, Aromen- und Riechstoffherstellung: 17

Verpackungsdruck: 16

Farben-, Lack- und Bindemittel-Herstellung: 0

EPS-Verarbeitung: 2

übrige Branchen¹²: 14

¹² Anwendung von Klebstoffen (4 Betriebe), Anwendung von Farben/Lacken (3), Textilveredlung (3), Metallentfettung (2), Druckerei (1), Giesserei (1),

Die bilanzierten belasteten VOC-Emissionen sind im Betrachtungszeitraum um über 80 % zurückgegangen. Da der VOC-Umschlag gleichzeitig angestiegen ist, ergibt sich ein Rückgang der durchschnittlichen belasteten Emissionen von 0.35 % auf 0.04 % der VOC-Eingänge.

Tabelle 4 VOC-Umschlag und belastete Emissionen von 49 Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOCV

Bilanzjahr	Total VOC-Eingänge (Ziffer 11)	bei Recycling (Ziffer 18: belastet)	Abwasser (Ziffer 19: belastet)	gefasste Abluft: Emissionen belastet (Ziffer 20)	Diffuse Emissionen belastet (Ziffer 21)	Emissionen belastet	Emissionen belastet / Eingänge
	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in %
2001	316'299	25	26	489	569	1'108	0.35 %
2007	387'830	0	79	183	265	527	0.14 %
2010	462'411	1	62	259	207	528	0.11 %
2013	453'303	0	40	198	186	425	0.09 %
2016	472'501	0	37	77	85	198	0.04 %

Wie üblich wurde aus den Anhängen zu Ziffer 22 die Reingasemissionen und die Emissionen bei Nichtverfügbarkeit der Anlage sowie die diffusen Emissionen ermittelt resp. geschätzt. Die daraus resultierenden befreiten VOC-Emissionen haben sich von 2001 bis 2016 halbiert (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5 Befreite Emissionen von 49 Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOCV

Bilanzjahr	Diffuse Emissionen geschätzt	Reingas	Nichtverfügbarkeit	Befreite Emissionen (Ziff. 22 + teilw. geschätzt)	Emissionen befreit / Eingänge
	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in %
2001	3'051	437	427	3'915	1.24 %
2007	2'374	458	341	3'173	0.82 %
2010	2'041	388	233	2'663	0.58 %
2013	1'639	325	315	2'279	0.50 %
2016	1'439	275	253	1'966	0.42 %

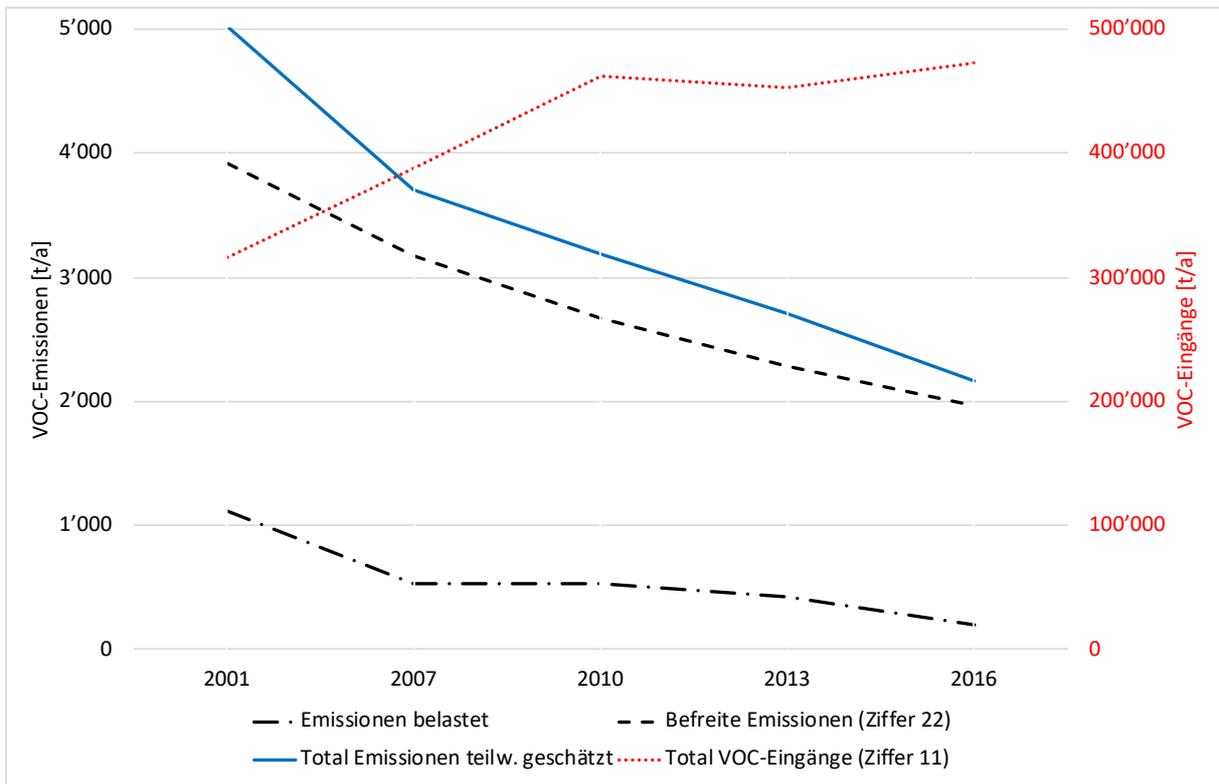
Insgesamt zeigen die VOC-Bilanzen der 49 Betriebe von 2001 bis 2016 einen Rückgang der VOC-Emissionen von 5'023 Tonnen auf 2'164 Tonnen. Durchschnittlich sinkt im gleichen Zeitraum der Anteil emittierter VOC von 1.59 % auf 0.46 % – dies bedeutet von 15.9 kg auf 4.6 kg pro eingesetzte Tonne Lösungsmittel. Die Emissionsrate ist damit um 71 % zurückgegangen.

In den ersten drei Jahren seit der Verordnungsänderung im Jahr 2013 erzielten die 49 Betriebe bei leicht gestiegenem VOC-Umschlag eine Emissionsminderung von 540 Tonnen oder 20 %.

Tabelle 6 VOC-Umschlag und Emissionen von 49 Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOCV

Bilanzjahr	Total VOC-Eingänge (Ziffer 11)	Emissionen belastet	Befreite Emissionen (Ziffer 22)	Total Emissionen teilw. geschätzt	Emissionen / Eingänge
	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in t VOC	in %
2001	316'299	1'108	3'915	5'023	1.59 %
2007	387'830	527	3'173	3'700	0.95 %
2010	462'411	528	2'663	3'191	0.69 %
2013	453'303	425	2'279	2'704	0.60 %
2016	472'501	198	1'966	2'164	0.46 %

Abbildung 3 Vergleich VOC-Umschlag [100 t/a] und Emissionen [t/a] von 49 Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOCV



In den einzelnen Branchen ist – bei unterschiedlichem Emissionsniveau - ebenfalls jeweils ein Rückgang der VOC-Emissionen feststellbar.

Die grösste Emissionsminderung seit 2001 erzielte die Branche Verpackungsdruck mit 1'616 Tonnen oder 53 % bei leicht gestiegenem VOC-Umschlag. Die grösste prozentuale Minderung ist in der Branche Chemie/Pharma mit 67.5 % realisiert worden, entsprechend einem Rückgang um 731 Tonnen bei stark gestiegenem VOC-Umschlag. In den übrigen Branchen konnten die Emissionen um 511 Tonnen oder 59 % reduziert werden, allerdings bei deutlich reduziertem VOC-Umschlag.

In den ersten drei Jahren seit der Ordnungsänderung in 2013 wurden die VOC-Emissionen im Verpackungsdruck um 351 Tonnen (19.5 %), in der Chemie/Pharma um 161 Tonnen (31.5 %) und in den übrigen Betrieben um 27 Tonnen (7 %) reduziert.

Tabelle 7 VOC-Umschlag und Emissionen von 49 Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOCV nach Branchen [kg/a]

Verpackungsdruck 16 Betriebe	Total VOC-Eingänge (Ziffer 11)	Emissionen belastet	Befreite Emissionen geschätzt (Ziffer 22)	Total Emissionen geschätzt	Emissionen / Eingänge
2001	15'739	138	2'930	3'067	19.49 %
2007	16'345	120	2'259	2'379	14.56 %
2010	16'563	124	1'709	1'833	11.07 %
2013	16'304	110	1'692	1'802	11.05 %
2016	16'963	26	1'424	1'451	8.55 %

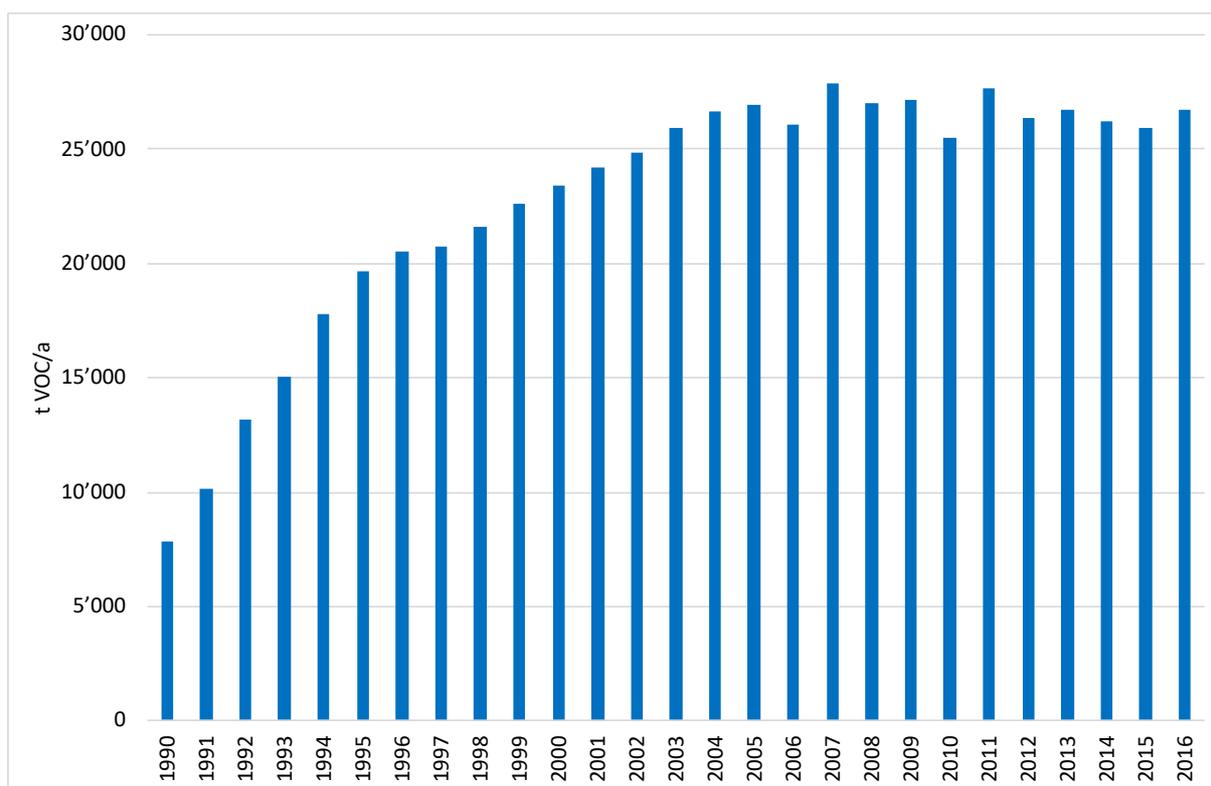
Chemie, Pharma-, Aromen- und Riechstoffherstellung 17 Betriebe	Total VOC-Eingänge (Ziffer 11)	Emissionen belastet	Befreite Emissionen geschätzt (Ziffer 22)	Total Emissionen geschätzt	Emissionen / Eingänge
2001	295'645	691	392	1'084	0.37 %
2007	366'671	347	276	624	0.17 %
2010	441'204	377	268	645	0.15 %
2013	433'520	275	239	514	0.12 %
2016	452'318	149	204	353	0.08 %

EPS- Verarb. + Übrige 16 Betriebe	Total VOC-Eingänge (Ziffer 11)	Emissionen belastet	Befreite Emissionen geschätzt (Ziffer 22)	Total Emissionen geschätzt	Emissionen / Eingänge
2001	4'915	279	593	872	17.75 %
2007	4'814	59	637	697	14.47 %
2010	4'644	28	685	713	15.35 %
2013	3'480	40	348	388	11.14 %
2016	3'220	23	337	361	11.20 %

3 Abluftreinigungsanlagen in der Schweiz

Im Rahmen der CO₂-Bilanz der Schweiz hat die Carbotech AG die Umwandlung von VOC in CO₂ in Abluftreinigungsanlagen untersucht. In Zusammenarbeit mit den kantonalen Fachstellen wurden sämtliche thermischen und biologischen Abluftreinigungsanlagen und die bei der Umwandlung emittierten CO₂-Mengen von 1990 bis 2016 erfasst. Aus den CO₂-Daten wurde auf die eliminierten VOC-Mengen zurückgerechnet.

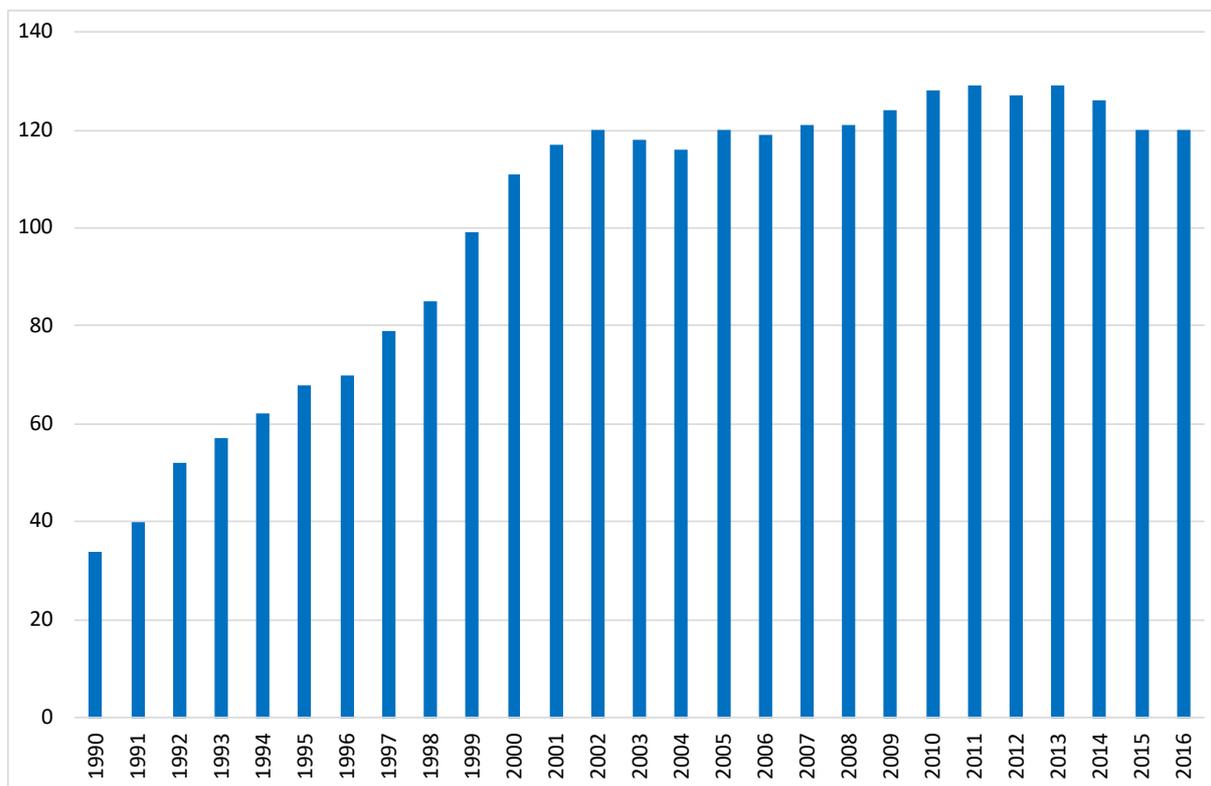
Abbildung 4 In thermischen und biologischen Abluftreinigungsanlagen eliminierte VOC-Mengen 1990 - 2016



Die eliminierten VOC-Mengen¹³ steigen bis 1995 stark an, danach erfolgt eine abgeschwächte Zunahme bis 2005. Ab diesem Zeitpunkt ist keine weitere Zunahme erkennbar. Seit 2001 werden zwischen 25'000 und 28'000 Tonnen VOC in diesen Abluftreinigungsanlagen eliminiert.

¹³ Die Erhebung der CO₂-Bildung erfolgte erstmals für das Jahr 2004 rückwirkend bis 1990 und wurde für 2015 vollständig aktualisiert. In den Jahren 2005 bis 2014 wurden nur die Daten der grössten Abluftreinigungsanlagen erhoben, die Schwankungen in dieser Zeit sind daher nicht unbedingt ein Abbild der Realität.

Abbildung 5 Anzahl thermischer und biologischer Abluftreinigungsanlagen 1990 – 2016



Auch die Anzahl in Betrieb stehender Abluftreinigungsanlagen steigt ab 1990 stark an. Ab 1997 bis zur Einführung der VOC-Lenkungsabgabe im Jahr 2000 beschleunigt sich die Zunahme¹⁴. Seit 2002 bleibt die Anzahl mehr oder weniger konstant.

Nicht erfasst sind in dieser Darstellung Abluftreinigungsanlagen, in welchen die VOC ohne Umwandlung in CO₂ zurückgehalten werden (Aktivkohle, Cryotechnik etc.). Die Anzahl dieser Anlagen kann aus den VOC-Bilanzen annähernd ermittelt werden¹⁵. 2001 waren 27 Anlagen in Betrieb, 2007, 2010, 2013 und 2016 jeweils zwischen 31 und 33. Die in diesen Abluftreinigungsanlagen eliminierten VOC werden auf rund 5'000 Tonnen geschätzt.

Die Gesamtmenge in Abluftreinigungsanlagen eliminiertes VOC liegt zwischen 30'000 und 33'000 Tonnen. Im Vergleich dazu betragen die VOC-Emissionen aus industriellen Prozessen und Produktanwendungen 2015 knapp 49'000 Tonnen¹⁶. Ohne Abluftreinigungsanlagen würden diese VOC-Emissionen gut 60 % höher ausfallen.

¹⁴ Nach einer Erarbeitungsphase in der ersten Hälfte der 90er Jahre fiel im Jahr 1995 der Entscheid zur USG-Revision, welche eine Lenkungsabgabe auf VOC und eine Befreiungslösung für VOC vorsah, wenn ihre Emissionen erheblich über die gesetzlichen Anforderungen hinaus begrenzt werden. Ursprünglich war die Einführung der VOC-Lenkungsabgabe für 1998 geplant, wurde dann aber um zwei Jahre verschoben.

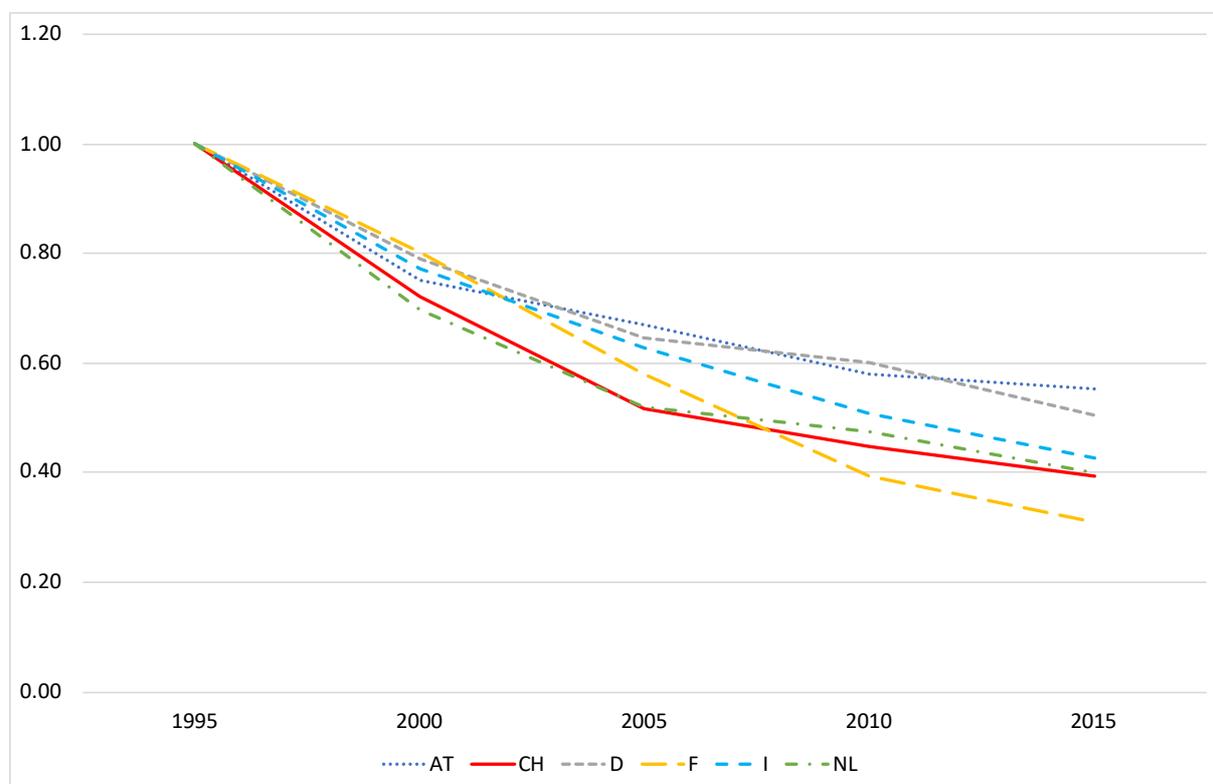
¹⁵ VOC-Bilanzen mit Anhang 20 (gefasste Abluft) oder 22 (Befreiungsantrag nach Art. 9 VOCV), die nicht bereits in der CO₂-Liste erfasst sind.

¹⁶ Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Inventory Files NFR gemäss http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/status_reporting/2017_submissions/

4 Vergleich der VOC-Emissionsreduktion mit dem europäischen Umland

Um die relative Wirkung der schweizerischen Gesetzgebung auf die VOC-Emissionen zu erkennen, wurden die Luftschadstoffinventare der Schweiz, Österreichs, Deutschlands, Frankreichs, Italiens und der Niederlande (Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution¹⁷) miteinander verglichen. Ausgewertet wurden die Jahre 1995, 2000, 2005, 2010 und 2015. Die VOC-Emissionen der Schweiz zeigen zwischen 1995 und 2005 einen stärkeren Rückgang als die Nachbarländer, danach verflacht die Reduktion. Sehr ähnlich verläuft die NMVOC-Emissionsreduktion in den Niederlanden.

Abbildung 6 Vergleich der Entwicklung der NMVOC-Luftschadstoffinventare von Österreich, der Schweiz, Deutschland, Frankreich, Italien und den Niederlanden



Deutlicher zeigt sich der Erfolg der NMVOC-Reduktion in der Schweiz, wenn nur die Daten des Sektors 2 (industrial processes and product use) verglichen werden. Die NMVOC-Emissionen aus Industrie, Gewerbe und Haushalten (ohne Berücksichtigung der Feuerungsemission) sinken von 1995 (Beschluss zur Einführung einer VOC-Lenkungsabgabe) bis 2000 (Einführung der Lenkungsabgabe) sehr viel stärker als in den Nachbarländern. Einzig die in der VOC-Emissionsreduktion fortschrittlichen Niederlande zeigen eine ähnliche Entwicklung. Bereits 2005 sind die NMVOC-Emissionen in der Schweiz um über 50 % reduziert, während die Nachbarländer dieses Ziel bis 2015 noch nicht erreicht haben¹⁸.

¹⁷ Inventory Files NFR gemäss http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/status_reporting/2017_submissions/

¹⁸ Für Deutschland fehlen 1995 und 2000 einzelne Emissionszahlen. Dadurch wirkt die Emissionsreduktion schwächer als sie in Wirklichkeit sein dürfte. Die publizierten Zahlen wurden in der vorliegenden Arbeit nicht korrigiert.

Abbildung 7 Entwicklung der NMVOC-Emissionen des Sektors 2 (industrial processes and product use) in Österreich, der Schweiz, Deutschland, Frankreich, Italien und den Niederlanden



Die UNECE-Emissionsdaten zeigen, dass um das Jahr 2000 in der Schweiz eine aussergewöhnlich starke Emissionsreduktion erzielt werden konnte. In der Schweiz wurde nach einem Beschluss von 1995 im Jahr 2000 die VOC-Lenkungsabgabe eingeführt. Es ist davon auszugehen, dass ein Teil der Optimierungsprozesse in der Wirtschaft als Antwort auf den politischen Entscheid zur Lenkungsabgabe schon vor 2000 erfolgte. Die anderen europäischen Länder kennen keine derartige Abgabe.

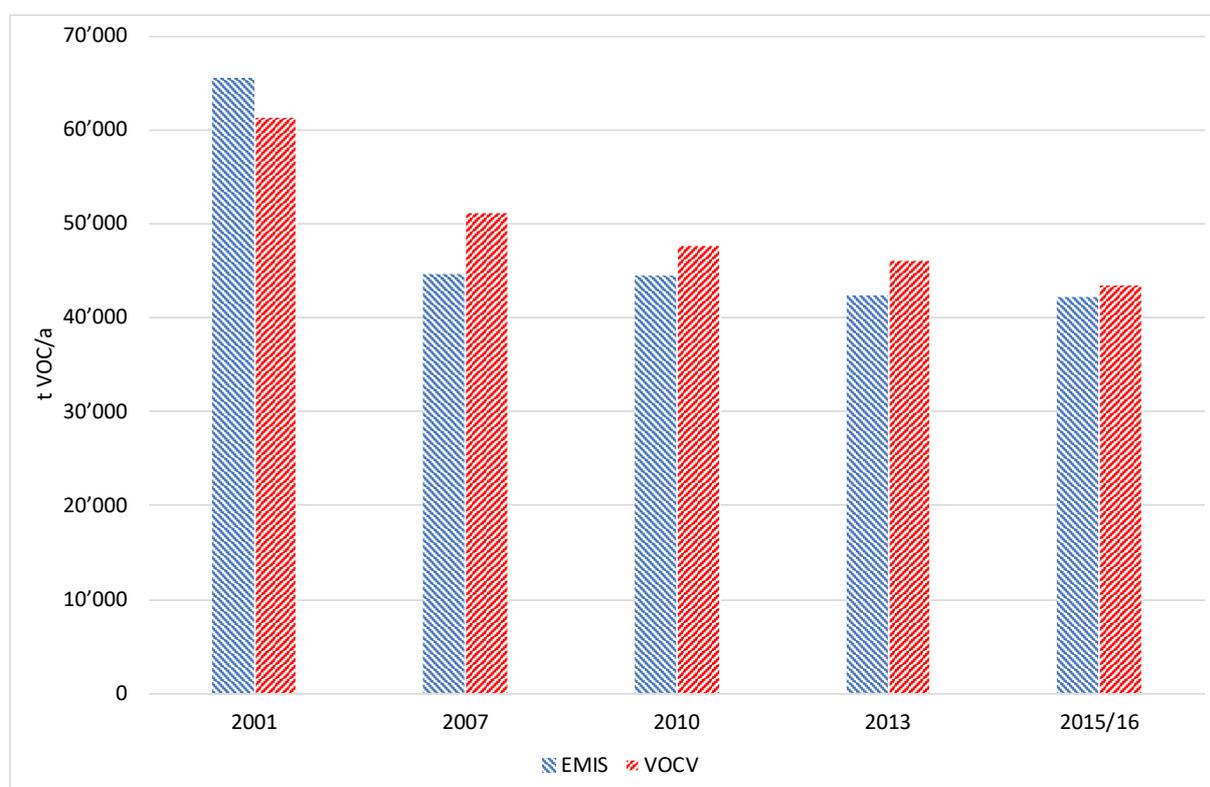
Nach 2005 verflacht die Schweizer Emissionskurve. Von 2005 bis 2015 kann eine Reduktion um etwas über 6 % festgestellt werden.

5 Vergleich mit den EMIS-Daten

Der Verlauf der Emissionsreduktion in der Schweiz gemäss den UNECE-Daten in Kapitel 4 stellt sich etwas anders dar als der in dieser Arbeit in Kapitel 1 und 2 aus den VOC-Bilanzdaten abgeleitete Verlauf mit einer geringeren Reduktion von 2001 bis 2007 und einer stärkeren Reduktion ab 2007. Aus diesem Grund wurden die Daten aus der Emissionsdatenbank des Bundes (EMIS), welche die Grundlage für die UNECE-Daten der Schweiz bildet, mit den Daten dieser Arbeit (siehe Kapitel 1) verglichen. In EMIS wird zwischen der Lenkungsabgabe unterstellten NMVOC (LUVOC) und NMVOC (übrige VOC) unterschieden, so dass ein direkter Vergleich mit den Emissionsdaten dieser Arbeit, die aus den VOC-Bilanzen und dem Ertrag der VOC-Lenkungsabgabe abgeleitet worden sind, möglich ist.

Abbildung 8 zeigt den Verlauf der LUVOC-Emissionen gemäss EMIS und gemäss VOCV seit 2001¹⁹. Die EMIS-Daten werden in enger Zusammenarbeit mit den Branchenverbänden der Wirtschaft ermittelt und sind von den VOCV-Daten weitgehend unabhängig.

Abbildung 8 LUVOC-Emissionen in der Schweiz gemäss EMIS und aus VOCV-Daten abgeleitet



2001 sind die EMIS-Zahlen höher als jene der VOCV. Ein Jahr nach Einführung der VOC-Lenkungsabgabe waren noch grosse Mengen Lösungsmittel bei Händlern und Betrieben vorhanden, die vor 2000 – und damit noch ohne Abgabebelastung – eingekauft worden waren. Die unbelasteten Mengen wurden nur zu einem kleinen Teil bilanziert. Die aus den VOC-Bilanzen ermittelten Emissionen wurden daher als Minimalschätzung bezeichnet.

Ab 2007 darf davon ausgegangen werden, dass keine wesentlichen Mengen unbelasteter VOC²⁰ mehr im Einsatz sind. Die aus den Bilanzen abgeleiteten Emissionen stehen damit auf einer solideren Basis.

¹⁹ Die EMIS-Daten 2015/16 sind ein Mittelwert der Zahlen für 2015 und 2016.

²⁰ oder mit einem bis 2002 gültigen tieferem Abgabesatz belasteten VOC

Von 2007 bis 2015/16 zeigt die VOCV höhere Emissionen als EMIS. Bei den VOCV-Daten wird starkes Gewicht auf die Abschätzung der diffusen Emissionen gelegt. Obwohl vorsichtig geschätzt wurde, ergeben sich höhere Emissionen als im EMIS. Andererseits wird angenommen, dass 91.5 % der von den Nichtbilanzierern eingesetzten VOC emittiert werden. Wird mit einem tieferen Emissionssatz gerechnet, reduzieren sich die VOCV-Emissionen.

Die Emissionsreduktion von 2007 bis 2015/16 ist bei den VOCV-Daten mit 15 % deutlich grösser als bei den EMIS-Daten mit 5.7 %. EMIS unterscheidet zwischen LUVOC aus Industrie/Gewerbe und Haushalten. Die I/G-Emissionen sinken in diesem Zeitraum um 13.6 %, die Haushalt-Emissionen steigen dagegen um 15.7 %.

2007 sind die Emissionen gemäss VOCV 14.6 % höher als die Emissionen gemäss EMIS, 2015/16 beträgt diese Differenz nur noch 3.3 %.

6 Zusammenfassung

2001, 2007, 2010, 2013 und 2015/16 wurden sämtliche VOC-Bilanzen ausgewertet und für die entsprechenden Jahre die LUVOC-Emissionen geschätzt. Ein Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass die LUVOC-Emissionen seit 2001 um 29 % reduziert werden konnten. Von 2000 bis 2002 betrug der Abgabesatz CHF 2.– je Kilogramm VOC. 2003 wurde der Abgabesatz zuletzt auf CHF 3.– erhöht. Seitdem ist keine Erhöhung des Abgabesatzes mehr erfolgt²¹.

Die Einnahmen aus der Lenkungsabgabe haben seit 2001 von CHF 91.5 Millionen bis 2007 auf 134.7 Millionen weniger stark zugenommen, als nach dem Abbau der unbelasteten Lager und der Erhöhung des Abgabesatzes zu erwarten war.

Von 2007 bis 2015/16 haben die Einnahmen um 11 % auf CHF 120 Millionen abgenommen. Im gleichen Zeitraum nahm der VOC-Umschlag der bilanzierenden Betriebe um 20 % zu.

Seit 2007 beträgt die Emissionsreduktion 15 % bzw. 7'690 Tonnen. Diejenigen Betriebe, die eine VOC-Bilanz erstellt hatten, reduzierten in diesem Zeitraum die LUVOC-Emissionen um 34 % (Reduktion in Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOCV 47 % bzw. 2'215 Tonnen, in Betrieben ohne Befreiung 25 % bzw. 2'029 Tonnen), alle übrigen Betriebe und die Privaten um 9.5 % bzw. 3'446 Tonnen.

Da das Kollektiv der bilanzierenden Betriebe von Jahr zu Jahr Veränderungen unterworfen ist, wurden jene Betriebe eruiert, die in allen diesen fünf Jahren eine Bilanz eingereicht hatten. Bei diesen 197 Betrieben mit VOC-Bilanzen in allen fünf Jahren konnte eine Emissionsreduktion um 53 % von 2001 bis 2015/16 resp. um 22 % seit 2007 festgestellt werden.

Unter den 197 Betrieben befinden sich 49, die in all den betrachteten Jahren eine Befreiung nach Art. 9 VOCV erhielten. Diese 49 Betriebe haben von 2001 bis 2015/16 ihre LUVOC-Emissionen um 57 %, seit 2007 um 41.5 % reduziert. Da im gleichen Zeitraum der VOC-Umsatz in diesen Betrieben angestiegen ist, resultiert für 2015/16 eine Emissionsrate, welche nur noch 29 % jener von 2001 oder 48 % jener von 2007 beträgt.

Die LUVOC-Emissionsreduktion seit Einführung der VOC-Lenkungsabgabe ist erheblich. Diese Reduktion ist bei von der Lenkungsabgabe stark betroffenen Betrieben, welche im Allgemeinen auch eine VOC-Bilanz erstellen, durchschnittlich über 50 %. Bei von der Lenkungsabgabe wenig betroffenen Betrieben und Privaten wird ebenfalls eine Emissionsminderung beobachtet, die prozentual deutlich geringer ausfällt, aber in absoluten Zahlen zu Emissionssenkungen von über 8'000 Tonnen seit 2001²² und ca. 3'500 Tonnen seit 2007 geführt hat. Während die ca. 600 bilanzierenden Unternehmen im Zeitraum von 2007 bis 2015/16 allein für 55 % der Emissionsreduktion verantwortlich sind, macht die Emissionsreduktion aller Nichtbilanzierer immerhin 45 % der Gesamtreduktion aus und ist damit in der Summe von Bedeutung. Diese Emissionsreduktion dürfte vor allem auf den Ersatz von VOC-haltigen Produkten und den verminderten VOC-Gehalt der verwendeten Produkte zurückzuführen sein, der durch den finanziellen Anreiz der Lenkungsabgabe begünstigt worden ist.

In welchem Ausmass die beobachteten Emissionsreduktionen auf die VOC-Lenkungsabgabe zurückzuführen sind, kann in der vorliegenden Studie nicht quantitativ bestimmt werden. Insbesondere ist eine Abgrenzung zwischen der Wirkung des LRV- und des VOCV-Vollzugs schwierig, da die beiden Instrumente ineinandergreifen und sich gegenseitig ergänzen.

²¹ Auch die Teuerung wurde nicht angepasst. Nach dem Index der Konsumentenpreise entspricht dies einer effektiven Senkung der Lenkungsabgabe von Anfang 2003 bis Ende 2016 um 4.3 %.

²² Die Emissionsschätzung 2001 ist auf Grund der unbekanntenen Mengen unbelasteter Lösungsmittel (vor Einführung der Lenkungsabgabe eingekauft) allerdings relativ unsicher.

Um weitere Hinweise zur Wirkung der VOCV zu erhalten, wurde die Entwicklung des Bestandes der Abluftreinigungsanlagen in der Schweiz analysiert. Hier wurde eine beschleunigte Zunahme der Anzahl in Betrieb stehender Anlagen zwischen 1997 und 2002 festgestellt, also unmittelbar vor und nach Einführung der Lenkungsabgabe. Auch die Menge in Abluftreinigungsanlagen entsorgter VOC steigt in diesem Zeitraum kontinuierlich an.

Zudem wurde die Entwicklung der VOC-Emissionen in der Schweiz und in den Nachbarländern an Hand von UNECE-Daten analysiert. Ab 1995 sinken die VOC-Emissionen aus industriellen Prozessen und Produktanwendung in der Schweiz markant stärker als in Österreich, Deutschland, Frankreich oder Italien.

Diese beiden Befunde deuten darauf hin, dass parallel zur Einführung der VOC-Lenkungsabgabe die VOC-Emissionen in der Schweiz deutlich zurückgehen – und zwar stärker als in den Nachbarländern. Zudem kann erkannt werden, dass diese Entwicklung bereits mit dem Beschluss zur Einführung der Lenkungsabgabe beginnt und nicht erst im Jahr 2000. Die mit der Auswertung der VOC-Bilanzen beobachtete Emissionsreduktion zeigt dagegen nur die Wirkung nach Einführung der Lenkungsabgabe. Die vorsorglichen Emissionsminderungen vor dem Jahr 2000 werden logischerweise nicht erfasst.

7 Fazit

Obwohl die Wirkung der Lenkungsabgabe nicht direkt nachgewiesen werden kann und auch der LRV-Vollzug, wirtschaftliche Veränderungen oder andere Faktoren zu Emissionsminderungen führen können, legt die Gleichzeitigkeit von Emissionsreduktion und Einführung der Lenkungsabgabe, die Zunahme der Anzahl Abluftreinigungsanlagen und deren verbesserte Verfügbarkeit sowie die – verglichen mit dem Umland – markante Emissionsminderung in der Schweiz eine deutliche Wirkung der VOC-Lenkungsabgabe nahe.

Die überdurchschnittlich grossen Emissionsreduktionen der befreiten Betriebe unterstreichen die Wirksamkeit der Befreiungslösung im Sinne des Umweltschutzes.

Anhang 1 Emissionsfaktoren

Vorschlag BUWAL/Kantone: Emissionsfaktoren zur Abschätzung der diffusen VOC-Emissionen pro CORINAIR-Aktivität (dem Carbotech-Bericht 129.11-3, Detailerhebung der VOC-Bilanzen 2001, 28.4.2004, entnommen)

Aktivität	CORINAIR	Schätzung diffuse [%]	
Eisengiessereien	03 03 03 C	keine Schätzung	
Händler (Lösungsmittel-Umschlag)	04 05 22		0.1
Essigsäure-Produktion	04 05 27		1
Spanplatten	04 06 01 B		1
Farbanwendung Bau	06 01 03	keine Schätzung	
Farbanwendung Holz	06 01 07		30
Andere industrielle Farbanwendungen	06 01 08		30
Metallentfettung	06 02 01		30
Herstellung elektronischer Bauteile	06 02 03		40
Übrige industrielle Reinigung	06 02 04		40 \$
Polyester-Verarbeitung	06 03 01	keine Schätzung	
Polyurethan-Verarbeitung	06 03 03	keine Schätzung	
Polystyrol-Verarbeitung	06 03 04		30
Herstellung pharmazeutischer Produkte	06 03 06		1
Farben-Produktion	06 03 07		5
Druckfarben-Produktion	06 03 08		5
Klebstoffproduktion	06 03 09		30
Herstellung von Haftmaterialien	06 03 11		30 \$\$
Produktion und Verarbeitung von Textilien	06 03 12		20
Feinchemikalien-Produktion	06 03 14		1
Glaswolle-Imprägnierung	06 04 01		2
Steinwolle-Imprägnierung	06 04 02		2
Druckereien	06 04 03		15
Anwendung von Klebstoffen	06 04 05		20
Entwachsung von Fahrzeugen	06 04 09	keine Schätzung	
Andere Lösungsmittelanwendung	06 04 12 A		10
Wissenschaftliche Laboratorien	06 04 12 E		30
Papier/Karton-Produktion	06 04 12 G		10
Übriges Gesundheitswesen	06 04 12 J	keine Schätzung	
Parfüm/Aromen-Produktion	06 04 12 M		10
Kosmetika-Produktion	06 04 12 N		10
Kunststoffschäumung	06 05 04		15

Keine Schätzung bei Aktivitäten mit hohen bilanzierten diffusen Emissionen

\$ vergleichbar der Elektronikreinigung

\$\$ vergleichbar der Klebstoff-Herstellung

Anhang 2 VOC-Bilanzdaten 2015/16

Anzahl VOC-Bilanzen	Branche	Total VOC-Eingänge (Ziffer 11) in t VOC	VOC-Emissionen belastet				Diffuse Emissionen geschätzt in t VOC	Befreite Emissionen (Ziffer 22 + teilw. geschätzt) in t VOC	Emissionen total in t VOC	Emissionen/Eingänge
			Emissionen beim Recycling (Ziffer 18: belastet) in t VOC	Emissionen aus Abwasser (Ziffer 19: belastet) in t VOC	gefasste Abluft: Emissionen belastet (Ziffer 20) in t VOC	Diffuse Emissionen belastet (Ziffer 21) in t VOC				
142	Chemie/Pharma	750'776	5	20	228	898	528	296	1'975	0.26%
27	Verpackungsdruck	18'283			28	77	14	1'559	1'678	9.18%
145	Metallentfettung	3'983		0	10	1'111	177	9	1'306	32.79%
21	Farbherstellung	9'104	1		20	233	192	27	473	5.19%
30	Farbanwendung	1'616	0		4	309	4	34	351	21.75%
6	Schaumstoffe	1'910			10	40	255		306	16.02%
9	Klebstoffanwendung	1'387		1	1	39		206	247	17.79%
12	EPS	1'972			15	50		141	206	10.46%
10	Kosmetik	2'091		1	3	52	138		194	9.29%
26	Labor	413				145	23	1	168	40.67%
25	Handel	134'018			1	53	110		164	0.12%
6	Herst. v. Druckfarben	4'408				98	9	27	134	3.03%
18	Elektronik	388			0	71	59	1	131	33.90%
4	Herst. v. Klebstoffen	1'691	2		16	83	24		125	7.39%
12	Druckereien	193			0	105	1	3	109	56.36%
19	Textilveredlung	798		0	7	5	39	50	101	12.70%
7	Aromen/Parfüm	16'945		34	22	17	9	19	101	0.60%
5	Kläranlage	9'162				0		98	98	1.07%
6	Giesserei	325			42	38		13	93	28.65%
9	Kunststoffe	633	0			54			54	8.55%
22	Härterei	332				39			39	11.64%
52	Diverse	25'515		2	1	56	41	24	125	0.49%
613	2015/16	985'943	8	57	411	3'573	1'621	2'507	8'178	0.83%

Anhang 3 Abschätzung der LUVOC-Emissionen

LA-Einnahmen Mittelwert 2015/16	119.96 [Mio CHF]
Netto-Ertrag aus Bilanzen	12.15 [Mio CHF]
Ertrag Nichtbilanzierer	107.81 [Mio CHF]

VOC Nichtbilanzierer	35'939 [t VOC]
davon nicht emittiert (8.5 %)*	3'055 [t VOC]
Emission Nichtbilanzierer	32'884 [t VOC]

LUVOC-Emissionen 2015/16	
Bilanzierer**	8'178 [t VOC]
Nichtbilanzierer	32'884 [t VOC]
Nicht-Positivliste-Produkte*	1'500 [t VOC]
Produkte < 3 %*	1'000 [t VOC]
Nicht berücksichtigte Faktoren	?
Total LUVOC-Emissionen	43'562 [t VOC]

*Annahmen übernommen aus Bericht *Detailerhebung der VOC-Bilanzen 2001*

**Betriebe, die gem. Art. 10 VOCV eine VOC-Buchhaltung führen müssen und für das Jahr 2015/16 eine VOC-Bilanz eingereicht haben (613 VOC-Bilanzen, siehe Anhang 2 Spalte Emissionen total).

Nicht berücksichtigte Faktoren:	Zeitliche Verschiebung zwischen Entrichtung der Abgabe und VOC-Emission (+/-)
	Überschätzung VOC-Gehalt der Abfälle (+)
	Unterschätzung der diffusen Emissionen der nach Art. 9 befreiten Anlagen (+)
	Abbau von Lagern mit tieferem Abgabesatz (+, kaum mehr relevant)
	Nicht bilanzierte Emissionen bei Nichtverfügbarkeit von Abluftreinigungsanlagen (+)
	Nicht bilanzierte belastete Emissionen bei Betrieben im Verpflichtungsverfahren (+)

Anhang 4 Vergleich der LUVOC-Emissions-schätzungen mit den Vorjahren

	2001	2007	2010	2013	2015/16
Gesamtertrag der VOC-Lenkungsabgabe (jeweils Mittelwert aus Stichjahr und Folgejahr in CHF)	91'469'136	134'716'678	127'966'926	125'629'111	119'962'832
VOC-Eingänge der bilanzierenden Betriebe [t/a]	760'274	820'096	848'427	964'703	985'943
VOC-Emissionen [t/a]					
belastete Emissionen nicht bilanzierender Betriebe	35'659	36'330	34'790	33'950	32'884
bilanzierte Emissionen (Ziffer 18 - 21 aller Bilanzen)	5'591	5'124	4'636	4'744	4'049
plus zusätzliche Emissionen der Art. 9 Anlagen	5'451	4'132	3'843	3'106	2'507
plus zusätzlich geschätzte diffuse Emissionen	1'401	3'165	1'973	1'964	1'621
unbelastete Einkäufe nicht bilanzierender Betriebe	5'675				
Abbau unbelasteter Lager	5'088				
Schätzung VOC-Emission Nicht-Positivliste-Produkte	1'500	1'500	1'500	1'500	1'500
Schätzung VOC-Emission Produkte <3%	1'000	1'000	1'000	1'000	1'000
Total VOC-Emissionen [t/a]	61'365	51'251	47'742	46'264	43'561