

Bericht im Auftrag des BAFU

# Wirkungsanalyse der VOC-Lenkungsabgabe

Auswertung der VOC-Bilanzen 2019

**Auftraggeber**

Bundesamt für Umwelt  
Herr Jan-Aaron Klaassen

**Verfasser**

Andi Schneider  
Yvonne Eggenberger

Referenz: 129.40  
Basel, Dezember 2021

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Auswertung der VOC-Bilanzen 2019</b>	<b>3</b>
1.1	Ausgangslage	3
1.2	Zielsetzung	3
1.3	Vorgehen	3
1.4	Auswahl der Bilanzen 2019	3
1.5	Branchendefinition	4
1.6	Abschätzen der diffusen Emissionen	4
1.7	Auswertung der Befreiungsanträge (Ziffer 22)	4
1.8	Betroffenheitsanalyse	5
1.9	Zusammenfassendes Ergebnis	7
<b>2</b>	<b>Zeitreihe über Betriebe</b>	<b>9</b>
2.1	Bilanzierende Betriebe	9
2.2	Art. 9 VOCV	11
<b>3</b>	<b>Abluftreinigungsanlagen in der Schweiz</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Vergleich der VOC-Emissionsreduktion mit dem europäischen Umland</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Vergleich mit den EMIS-Daten</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>Fazit</b>	<b>21</b>
	Anhang 1 Emissionsfaktoren	
	Anhang 2 VOC-Bilanzdaten	
	Anhang 3 Abschätzung der LUVOC-Emissionen	
	Anhang 4 Vergleich der LUVOC-Emissionsschätzungen mit den Vorjahren	

# 1 Auswertung der VOC-Bilanzen 2019

## 1.1 Ausgangslage

Zur Erfüllung der bundesrätlichen Evaluationsklausel (Art. 4 Absatz 2 Buchstabe c) hat die Carbotech AG die VOC-Bilanzen, 2001, 2007 und 2010 im Auftrag des BAFU ausgewertet (Kurzberichte 129.11-3, 2004, 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, 2016 und 2019 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 und 2016 ist in separaten Berichten beschrieben (129.40, 2017 und 2018). Diese Arbeit beschreibt die Auswertung der VOC-Bilanzen 2019.

## 1.2 Zielsetzung

Sämtliche VOC-Bilanzen 2019 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 2019
2. Branchendefinition
3. Abschätzen der diffusen Emissionen
4. Auswertung der Befreiungsanträge (Ziffer 22) und Betroffenheitsanalyse

## 1.4 Auswahl der Bilanzen 2019

Das Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit (BAZG) 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 2019 ausgewählt werden, d.h. Bilanzen mit Beginn des Bilanzjahres am 1.1.2019 (resp. zwischen dem 1.7.2018 und dem 30.6.2019, wenn Geschäfts- und Kalenderjahr nicht zusammenfallen).

Die Arbeiten beruhen auf dem Stand der Excel-Tabelle vom 13.9.2021.

Am Stichtag fanden sich 508 VOC-Bilanzen 2019 in der Datei. Dazu kommen 98 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 vom BAZG 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 606 VOC-Bilanzen 3'362 Tonnen diffuse VOC-Emissionen bilanziert. Die Abschätzung der VOC-Emissionen der 98 Betriebe mit Befreiung nach Art. 9 erfolgt in Kapitel 1.7. Bei den übrigen 508 Betrieben wurden die diffusen Emissionen mit Hilfe der Emissionsfaktoren in Anhang 1 geschätzt. Bei 165 Betrieben ergab die Schätzung höhere diffuse Emissionen als bilanziert, oft wurden gar keine diffusen Emissionen angegeben. 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 1'222 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)<sup>1</sup> 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)

98 VOC-Bilanzen 2019 mit Befreiung nach Art. 9 fanden sich in der Excel-Tabelle „Bilanzerfassung VOC-Emissionen“ der Oberzolldirektion und der BAFU-Liste. Fünf Betriebe haben für 2019 keine Befreiung beantragt und drei die Bedingungen nicht erfüllt. 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) übernommen, soweit solche vorhanden

---

<sup>1</sup> Die der Abgabe unterstellten VOC werden in diesem Bericht LUVOC genannt. Von der Vielzahl organischer Substanzen, die aus naturwissenschaftlicher Sicht als VOC gelten, sind bei weitem nicht alle der Lenkungsabgabe unterstellt. Sie werden in der Stoff-Positivliste (Anhang 1 VOCV) einzeln bezeichnet.

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. 12 der 19 Verpackungsdruckereien gaben keine oder extrem tiefe diffuse Emissionen an, weniger als 1 % der Eingänge.<sup>2</sup> 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 %.<sup>3</sup> Die Auswertung der Befreiungsanträge ergibt VOC-Emissionen von 2'023 Tonnen (343 t VOC im Reingas, 320 t VOC bei Nichtverfügbarkeit und 1'359 t diffuse VOC-Emissionen).

## 1.8 Betroffenheitsanalyse

Mehr als die Hälfte der 98 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	41
Verpackungsdruck	19
EPS-Verarbeitung	8
Farben-, Lack- und Bindemittelherstellung	6
Übrige	24
Total	98

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

Die 98 Betriebe weisen 2019 einen VOC-Umschlag von knapp 543'000 Tonnen aus (Total VOC-Eingänge = Ziffer 11 der VOC-Bilanzen gem. BAZG-Tabelle). Den überwiegenden Teil schlägt die Branche Chemie/Pharma um.

Branche	VOC-Umschlag [t/a]
Chemie, Pharma-, Aromen- und Riechstoffherstellung	505'930
Verpackungsdruck	18'446
EPS-Verarbeitung	1'221
Farben-, Lack- und Bindemittelherstellung	4'647
Übrige	12'561
Total	542'806

<sup>2</sup> Aus den VOC-Bilanzen der Verpackungsdruckereien können für 3 Betriebe diffuse Emissionen zwischen 10 und 15 %, für 4 Betriebe zwischen 5 und 10% und für 4 Betriebe < 1 % abgeleitet werden. 8 Betriebe geben keine diffusen Emissionen an.

<sup>3</sup> Die Schätzungen erhöhen sich um 1'669 t VOC pro Jahr, wenn mit 15 % diffusen Emissionen im Verpackungsdruck gerechnet wird (was einer realistischeren Annahme von Experten entspricht).

In Kapitel 1.7 sind die nach Art. 9 VOCV befreiten Emissionen der 98 Betriebe mit insgesamt 2'023 t im Jahr 2019 geschätzt worden. 73 % dieser VOC-Emissionen entstehen im Verpackungsdruck, obwohl in dieser Branche bei der Auswertung sehr vorsichtig geschätzt wurde.<sup>4</sup>

Branche	befreite Emissionen [t VOC]	befr. Emis./VOC- Umschlag [%]
Chemie, Pharma-, Aromen- und Riechstoffherstellung	286	0.06
Verpackungsdruck	1'469	7.97
EPS-Verarbeitung	74	6.12
Farben-, Lack- und Bindemittelherstellung	92	1.98
Übrige	100	0.80
<b>Total</b>	<b>2'023</b>	<b>0.37</b>

Neben den befreiten VOC-Emissionen bilanzieren die 98 Betriebe rund 406 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.). Acht Betriebe sparen nach diesen Schätzungen mehr als CHF 100'000.– ein: sechs Verpackungsdrucker, ein Chemie/Pharmabetrieb sowie ein Farben-/Lackhersteller. Im Mittel sparen die Betriebe rund CHF 21'000.– ein, der Median liegt bei CHF 5'500.–.

Potentielle Abgabenlast [CHF]	Betriebe	Branche / Aktivität
> 1'000'000	2	Verpackungsdruck
500'000 - 1'000'000	1	Verpackungsdruck
200'000 - 500'000	2	Verpackungsdruck
	1	Verpackungsdruck
100'000 - 200'000	1	Chemie/Pharma
	1	Farben-/Lack-Herstellung
< 100'000	90	diverse
<b>6'068'000</b>	<b>98</b>	<b>Total</b>

Die geforderte Unterschreitung der vorsorglichen Emissionsbegrenzungen um mindestens 50 % bereitet den meisten Betrieben keine Schwierigkeiten. Nur bei 5 der 113 Abluftreinigungsanlagen in den 98 Betrieben wird eine Unterschreitung zwischen 50 und 60 % ausgewiesen, mehr als die Hälfte weisen >90 % aus. Durchschnittlich liegen die Anlagen 86.4% unter den zulässigen Werten.

Auch die geforderte Verfügbarkeit der Anlagen von 95 % der Betriebszeit wird deutlich übertroffen. Nur bei 7 Anlagen liegt die Verfügbarkeit unter 96 %, bei bei mehr als der Hälfte über 99 %. Im Mittel sind die Abluftreinigungsanlagen während 98.6 % der Betriebszeit verfügbar.

Allerdings wurde 2019 fünf Betrieben die Befreiung ganz oder teilweise verwehrt, weil ihre Anlagen die Bedingungen nicht erfüllt hatten.

<sup>4</sup> Wird mit 15 % diffusen Emissionen im Verpackungsdruck gerechnet, beträgt der Anteil dieser Branche 85 % an den gesamten befreiten Emissionen.

## 1.9 Zusammenfassendes Ergebnis

Die Auswertung der 606 VOC-Bilanzen 2019 ergibt Emissionen von insgesamt 7'229 Tonnen VOC.<sup>5</sup> Nach Erhebungen des BAZG haben diese Betriebe für ihre bilanzierten Emissionen netto CHF 11'953'837.– VOC-Lenkungsabgabe entrichtet.

Aus diesem Ergebnis wurde eine Abschätzung der LUVOC-Emissionen 2019 abgeleitet (siehe Anhang 3). Von den 117.36 Mio CHF Gesamtertrag aus der VOC-Lenkungsabgabe<sup>6</sup> stammen 105.40 Mio CHF von Nichtbilanzierern (Private oder Betriebe, die keine VOC-Bilanz erstellt haben). Das entspricht 35'135 Tonnen VOC. Für 2001 wurde geschätzt, dass 8.5 % dieser VOC nicht emittiert, sondern u.a. als Sonderabfall korrekt entsorgt worden sind.<sup>7</sup> Für 2019 lässt sich unter Verwendung des gleichen Prozentsatzes eine Emission der Nichtbilanzierer von 32'148 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 41'878 Tonnen VOC-Emissionen ableiten. Das bedeutet, dass mit der Auswertung der VOC-Bilanzen gut 17 % (7'229 von 41'878 Tonnen) 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).<sup>8</sup>

In Abbildung 1 werden diese Emissionsschätzungen 2019 mit jenen für 2001, 2007, 2010, 2013 und 2015/16 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 32 % abgenommen. Die Emissionsschätzung 2001 ist auf Grund der unbekanntem Mengen unbelasteter Lösungsmittel (vor Einführung der Lenkungsabgabe eingekauft) allerdings relativ unsicher.

Von 2007 bis 2019 ist ein Rückgang der LUVOC-Emissionen um 18 % feststellbar. Die Emissionen der bilanzierenden Betriebe haben um gut zwei Fünftel abgenommen. Die Emissionsminderung beträgt bei den Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOCV 51 %, bei den bilanzierenden Betrieben ohne Befreiung 37 %. Doch auch die Emissionen der nichtbilanzierenden Betriebe in Industrie und Gewerbe sowie der Privaten konnten um 11.5 % gesenkt werden.

Bei diesem prozentualen Vergleich ist zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Kollektive miteinander verglichen werden (siehe auch Kapitel 2).<sup>9</sup>

**Abbildung 1** LUVOC-Emissionsschätzung [t/a] aus VOCV-Daten der Jahre 2001, 2007, 2010, 2013, 2015/16 und 2019

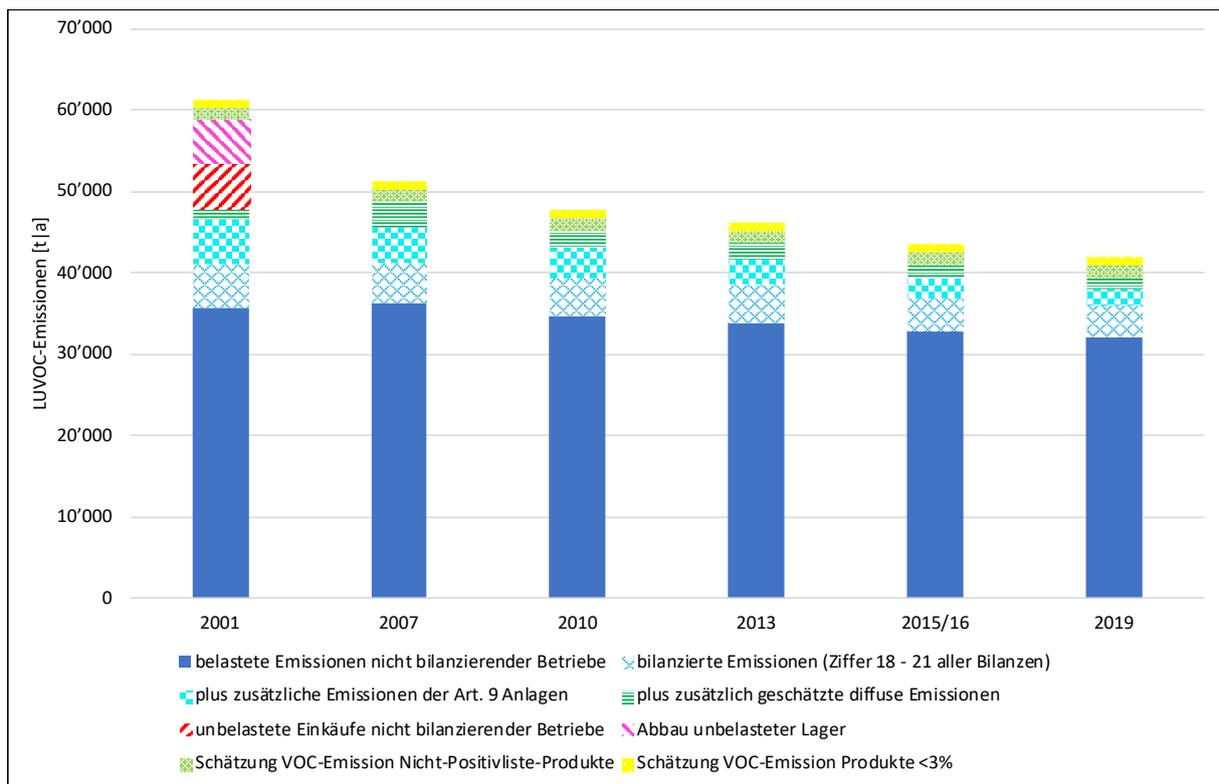
<sup>5</sup> Bilanzierte belastete Emissionen 3'985 Tonnen VOC. Keine Abgabe entrichtet wurde auf den in dieser Arbeit zusätzlich geschätzten diffusen Emissionen (1'222 Tonnen VOC, siehe Kapitel 1.6) sowie auf den Emissionen mit Befreiung nach Art. 9 VOCV (2'023 Tonnen VOC, siehe Kapitel 1.7).

<sup>6</sup> Es ist der Mittelwert der Gesamterträge aus den Jahren 2019 und 2020 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.

<sup>7</sup> Für Kleinmengen besteht bei der Sonderabfallentsorgung kein Rückerstattungsanspruch, d.h. Beträge unter CHF 3'000.– werden nicht rückerstattet.

<sup>8</sup> 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.

<sup>9</sup> 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. Die Emissionsminderung bei den Nicht-Bilanzierern jedoch nicht auf neuerdings bilanzierende Grosseemittenten, sondern effektiv auf Minderungsmaßnahmen bei den nicht-bilanzierenden Betrieben und Privaten zurückzuführen.



Die Zahlenwerte zu dieser Abbildung finden sich in Anhang 4.

## 2 Zeitreihe über Betriebe

### 2.1 Bilanzierende Betriebe

Die VOC-Bilanzen der Jahre 2001, 2007, 2010, 2013, 2015/16 und 2019 sind ausgewertet worden. Trotz ansteigenden VOC-Umsatz<sup>10</sup> nehmen die bilanzierten belasteten Emissionen ab, durchschnittlich von dreiviertel 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 lassen.<sup>11</sup>

Tabelle 1 VOC-Eingänge und belastete Emissionen sämtlicher bilanzierender Betriebe 2001, 2007, 2010, 2013, 2015/16 und 2019

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%
2019	606	939'552	14	126	482	3'362	3'985	0.42%

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 der befreiten Emissionen („Emissionen total“) zeigt, obwohl die diffusen Emissionen 2001 sehr zurück-

<sup>10</sup> 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.

<sup>11</sup> Die belasteten diffusen Emissionen waren im 2001 vergleichsweise gering, da noch grosse Mengen unbelasteter Lösungsmittel im Einsatz waren.

haltend geschätzt worden sind, einen Rückgang. Durchschnittlich wurden 2001 1.66 %<sup>12</sup> der eingesetzten VOC emittiert, 2019 nur noch 0.77 %.

Tabelle 2 Nicht belastete VOC-Emissionen und Totalemissionen der bilanzierenden Betriebe 2001, 2007, 2010, 2013, 2015/16 und 2019

Jahr	Diffuse Emissionen geschätzt	Befreite Emissionen (Ziffer 22 + teilw. geschätzt)	Emissionen total	Emissionen / Eingänge
	intVOC	intVOC	intVOC	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%
2019	1'222	2'023	7'229	0.77%

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 sechs Bezugsjahren eine VOC-Bilanz eingereicht hatten. Insgesamt haben 163 Betriebe in den Jahren 2001, 2007, 2010, 2013, 2015/16 und 2019 ihren VOC-Umsatz bilanziert. In Tabelle 3 sind VOC-Umsatz und Emissionen dieser Betriebe zusammengefasst. Die „Diffusen Emissionen geschätzt“ 2001 wurden zur besseren Vergleichbarkeit rückwirkend ähnlich wie in den Vergleichsjahren abgeschätzt und auf 1'971 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 163 Betriebe mit VOC-Bilanz in den Jahren 2001, 2007, 2010, 2013, 2015/16 und 2019

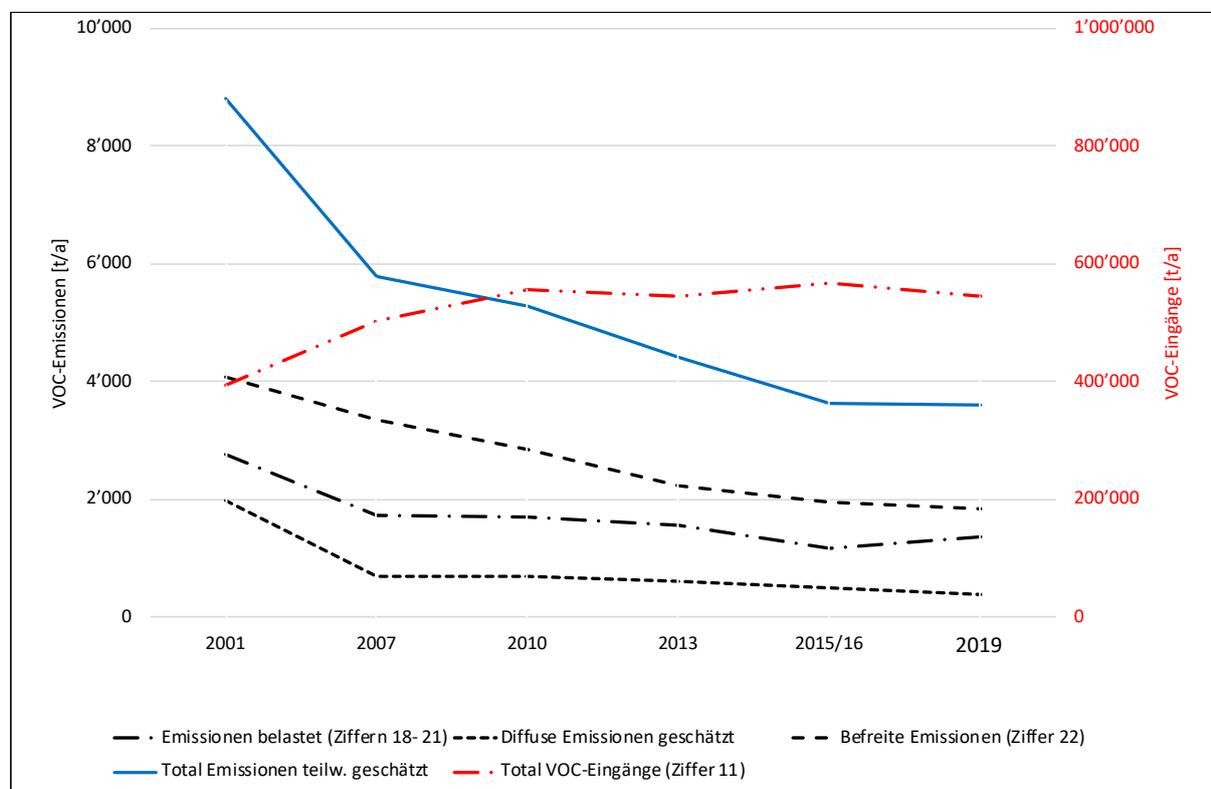
Bilanzjahr	Total VOC-Eingänge (Ziffer 11)	Emissionen bei Recycling (Ziffer 18: belastet)	Emissionen aus Abwasser (Ziffer 19: belastet)	gefaste Abluft: Emissionen belastet (Ziffer 20)	Diffuse Emissionen belastet (Ziffer 21)	Diffuse Emissionen geschätzt	Befreite Emissionen (Ziffer 22 + teilw. geschätzt)	Total Emissionen (teilw. geschätzt)	Emissionen / Eingänge
	intVOC	intVOC	intVOC	intVOC	intVOC	intVOC	intVOC	intVOC	in %
2001	394'611	26	150	931	1'653	1'971	4'076	8'808	2.23%
2007	502'022	5	144	510	1'071	706	3'346	5'782	1.15%
2010	556'907	1	107	510	1'085	711	2'863	5'277	0.95%
2013	546'656	0	67	378	1'111	625	2'227	4'408	0.81%
2015/16	567'029	5	51	242	877	506	1'967	3'649	0.64%
2019	546'194	10	101	225	1'032	382	1'858	3'609	0.66%

Die 163 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

<sup>12</sup> 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.

satz um über ein Drittel gesteigert. Die Emissionsrate fiel von 2.23 % der eingesetzten VOC-Menge auf 0.66 % oder um mehr als zwei Drittel.

Abbildung 2 Vergleich der VOC-Eingänge [100 t/a] und Emissionen [t/a] der 163 Betriebe mit VOC-Bilanz in den Jahren 2001, 2007, 2010, 2013, 2015/16 und 2019



## 2.2 Art. 9 VOCV

In den Jahren 2001, 2007, 2010, 2013, 2016 und 2019 hatten jeweils zwischen 94 und 104 Betriebe nach Art. 9 VOCV befreite Anlagen. In diesen sechs Jahren, in welchen alle VOC-Bilanzen ausgewertet wurden, hatten insgesamt 158 Betriebe in einem oder mehreren der Bezugsjahre eine Befreiung erhalten. 44 Betriebe waren in allen fünf Jahren nach Art. 9 VOCV befreit. Die Entwicklung der Emissionen dieser 44 Betriebe wird im Folgenden dargestellt.

Die 44 Betriebe verteilen sich auf die Branchen:

Chemie, Pharma-, Aromen- und Riechstoffherstellung: 17

Verpackungsdruck: 14

Farben-, Lack- und Bindemittel-Herstellung: 0

EPS-Verarbeitung: 2

übrige Branchen<sup>13</sup>: 11

<sup>13</sup> Anwendung von Farben/Lacken (3), Textilveredlung (3), Anwendung von Klebstoffen (2 Betriebe), Metallentfettung (2), Druckerei (1).

Die bilanzierten belasteten VOC-Emissionen sind im Betrachtungszeitraum um zwei Drittel zurückgegangen. Da der VOC-Umschlag gleichzeitig angestiegen ist, ergibt sich ein Rückgang der durchschnittlichen belasteten Emissionen von 0.27 % auf 0.06 % der VOC-Eingänge.

Tabelle 4 VOC-Umschlag und belastete Emissionen von 44 Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOVCV

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	314'996	10	17	480	328	<b>836</b>	0.27%
2007	386'406	0	79	183	145	<b>407</b>	0.11%
2010	461'187	1	62	259	84	<b>405</b>	0.09%
2013	452'038	0	40	193	83	<b>317</b>	0.07%
2016	471'460	0	36	77	58	<b>171</b>	0.04%
2019	452'064	0	88	103	86	<b>277</b>	0.06%

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 2019 mehr als halbiert (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5 Befreite Emissionen von 44 Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOVCV

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	2'976	423	419	<b>3'818</b>	1.21%
2007	2'173	412	335	<b>2'920</b>	0.76%
2010	1'864	345	228	<b>2'437</b>	0.53%
2013	1'397	295	310	<b>2'002</b>	0.44%
2016	1'257	239	250	<b>1'746</b>	0.37%
2019	1'161	239	265	<b>1'665</b>	0.37%

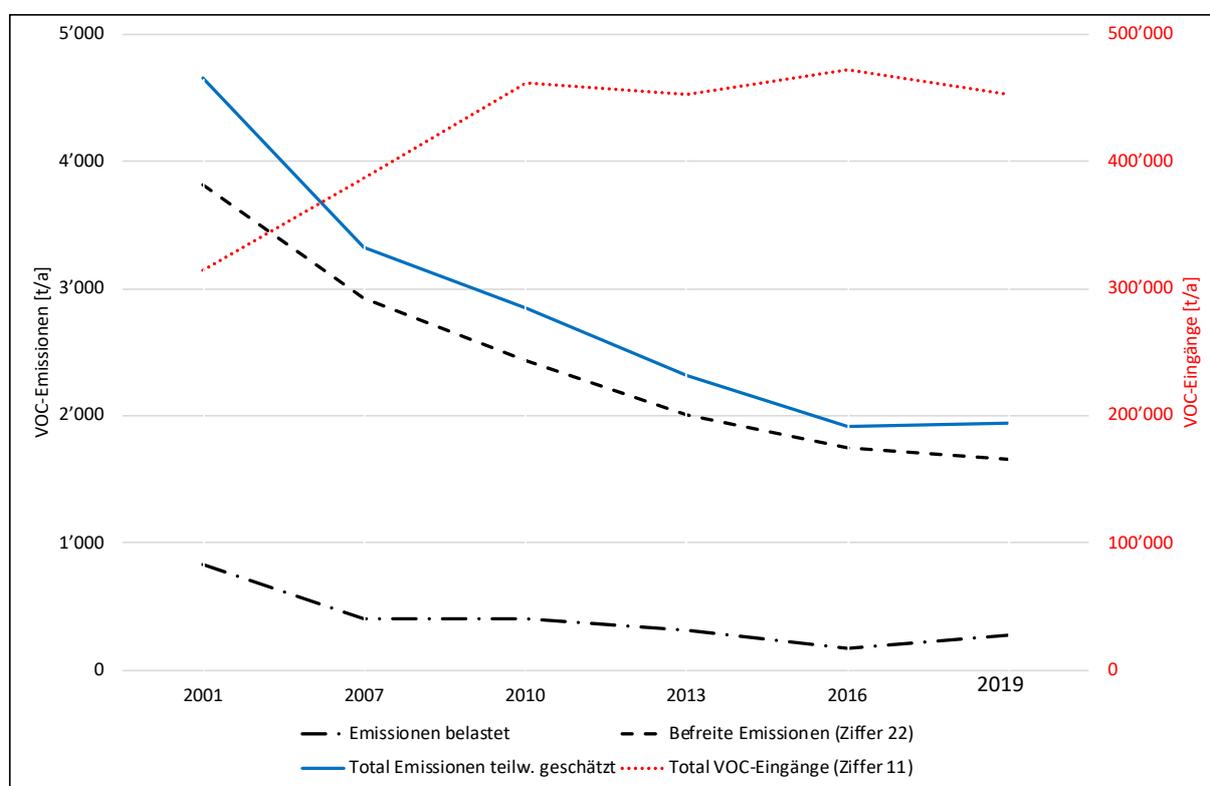
Insgesamt zeigen die VOC-Bilanzen der 44 Betriebe von 2001 bis 2019 einen Rückgang der VOC-Emissionen von 4'654 Tonnen auf 1'941 Tonnen. Durchschnittlich sinkt im gleichen Zeitraum der Anteil emittierter VOC von 1.48 % auf 0.43 % – dies bedeutet von 14.8 kg auf 4.3 kg pro eingesetzte Tonne Lösungsmittel. Die Emissionsrate ist damit um 71 % zurückgegangen.

In den sechs Jahren seit der Ordnungsänderung im Jahr 2013 erzielten die 44 Betriebe bei unverändertem VOC-Umschlag eine Emissionsminderung von 380 Tonnen oder 16 %.

Tabelle 6 VOC-Umschlag und Emissionen von 44 Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOVC

Bilanzjahr	Total VOC-Eingänge (Ziffer 11)	Emissionen belastet	Befreite Emissionen (Ziffer 22)	Total Emissionen teilw. geschätzt	Emissionen / Eingänge
2001	314'996	836	3'818	<b>4'654</b>	1.48%
2007	386'406	407	2'920	<b>3'327</b>	0.86%
2010	461'187	405	2'437	<b>2'842</b>	0.62%
2013	452'038	317	2'002	<b>2'319</b>	0.51%
2016	471'460	171	1'746	<b>1'917</b>	0.41%
2019	452'064	277	1'665	<b>1'941</b>	0.43%

Abbildung 3 Vergleich VOC-Umschlag [100 t/a] und Emissionen [t/a] von 44 Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOVC



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 1'523 Tonnen oder 52 % bei gestiegenem VOC-Umschlag. Prozentual noch grösser ist die Minderung in der Branche Chemie/Pharma mit 59 %, entsprechend einem Rückgang um 642 Tonnen bei stark gestiegenem VOC-Umschlag. In den übrigen Branchen konnten die Emissionen um 547 Tonnen oder 83 % reduziert werden, allerdings bei deutlich reduziertem VOC-Umschlag.

In den ersten sechs Jahren seit der Verordnungsänderung in 2013 wurden die VOC-Emissionen im Verpackungsdruck um 243 Tonnen (14.9 %), in der Chemie/Pharma um 72 Tonnen (14.2 %) und in den übrigen Betrieben um 61 Tonnen (35.9 %) reduziert.

Von 2016 bis 2019 ist der VOC-Umschlag der Chemie- und Pharmafirmen um gut 20 Tonnen zurückgegangen. Ob dies einer verminderten Produktion oder der Substitution von Lösungsmitteln entspricht, kann aus diesen Daten nicht abgeleitet werden.

Gleichzeitig sind die belasteten Emissionen in dieser Branche um 89 Tonnen angestiegen. Zwei Firmen sind für einen Anstieg um über 86 Tonnen verantwortlich. Die Gründe dafür sind nicht bekannt.

Tabelle 7 VOC-Umschlag und Emissionen von 44 Betrieben mit Befreiung nach Art. 9 VOCV nach Branchen [kg/a]

Verpackungsdruck 14 Betriebe	Total VOC-Eingänge (Ziffer 11)	Emissionen belastet	Befreite Emissionen geschätzt (Ziffer 22)	<b>Total Emissionen geschätzt</b>	Emissionen / Eingänge
2001	15'238	54	2'860	<b>2'913</b>	19.12%
2007	15'622	0	2'132	<b>2'132</b>	13.65%
2010	15'986	1	1'657	<b>1'658</b>	10.37%
2013	15'700	2	1'632	<b>1'633</b>	10.40%
2016	16'564	0	1'391	<b>1'391</b>	8.40%
2019	17'400	0	1'390	<b>1'390</b>	7.99%

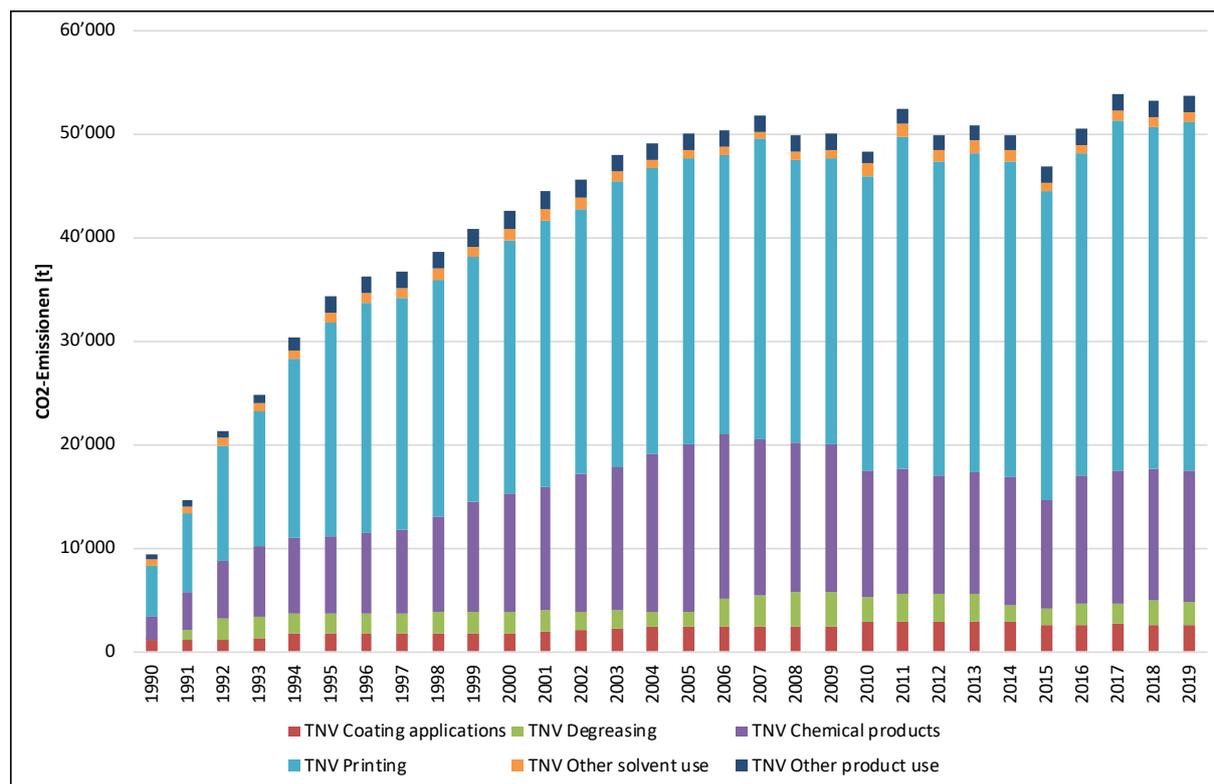
Chemie, Pharma-, Aromen- und Riechstoffherstellung 17 Betriebe	Total VOC-Eingänge (Ziffer 11)	Emissionen belastet	Befreite Emissionen geschätzt (Ziffer 22)	<b>Total Emissionen geschätzt</b>	Emissionen / Eingänge
2001	295'645	691	392	<b>1'084</b>	0.37%
2007	366'671	347	276	<b>624</b>	0.17%
2010	441'204	377	268	<b>645</b>	0.15%
2013	433'520	275	239	<b>514</b>	0.12%
2016	452'318	149	204	<b>353</b>	0.08%
2019	431'926	238	204	<b>442</b>	0.10%

EPS- Verarb. + Übrige 13 Betriebe	Total VOC-Eingänge (Ziffer 11)	Emissionen belastet	Befreite Emissionen geschätzt (Ziffer 22)	<b>Total Emissionen geschätzt</b>	Emissionen / Eingänge
2001	4'112	91	566	<b>657</b>	15.97%
2007	4'113	59	512	<b>571</b>	13.89%
2010	3'998	28	512	<b>539</b>	13.49%
2013	2'818	40	131	<b>171</b>	6.08%
2016	2'578	23	150	<b>173</b>	6.72%
2019	2'738	39	71	<b>110</b>	4.01%

### 3 Abluftreinigungsanlagen in der Schweiz

Im Rahmen der CO<sub>2</sub>-Bilanz der Schweiz hat die Carbotech AG die Umwandlung von VOC in CO<sub>2</sub> in Abluftreinigungsanlagen untersucht. In Zusammenarbeit mit den kantonalen Fachstellen wurden sämtliche thermischen und biologischen Abluftreinigungsanlagen und die in CO<sub>2</sub> umgewandelten VOC-Mengen von 1990 bis 2019 erfasst.

Abbildung 4 In thermischen und biologischen Abluftreinigungsanlagen eliminierte VOC-Mengen 1990 - 2019<sup>14</sup>

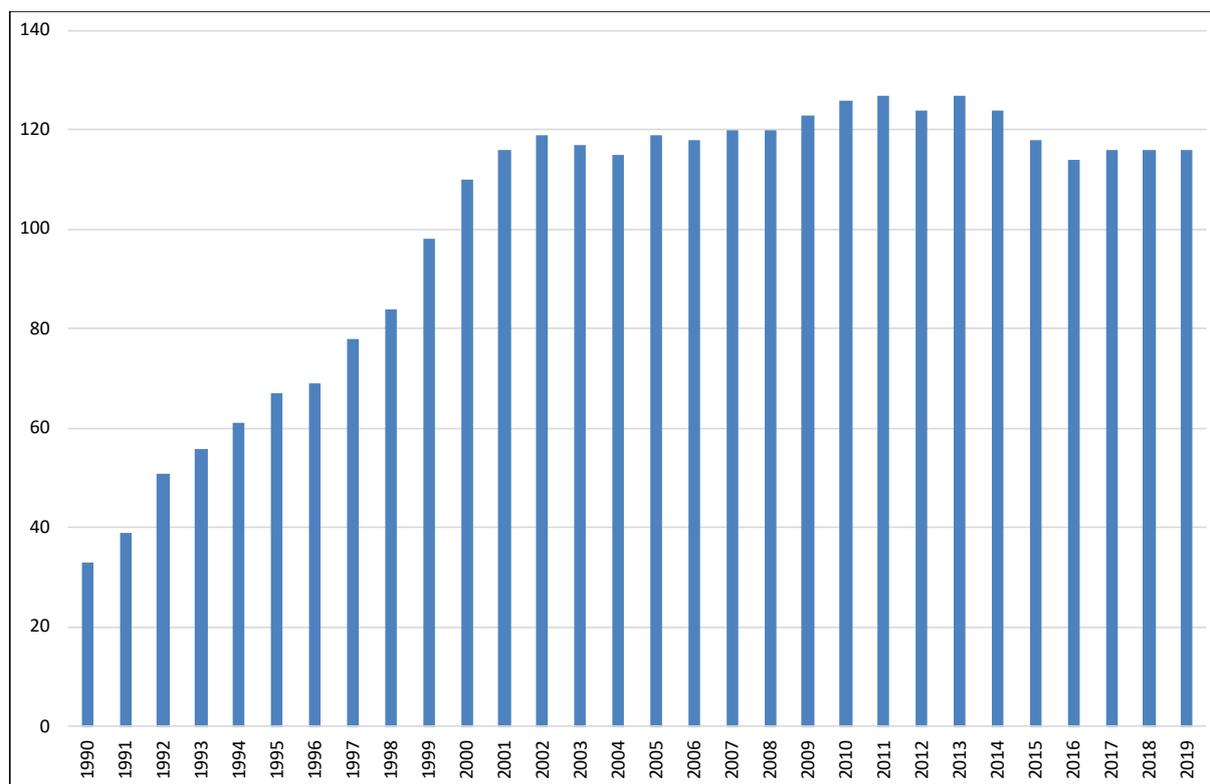


Die eliminierten VOC-Mengen steigen bis 1995 stark an, danach erfolgt eine abgeschwächte Zunahme bis 2007.<sup>15</sup> Ab diesem Zeitpunkt ist keine weitere Zunahme erkennbar. Seit 2007 werden zwischen 22'000 und gut 25'000 Tonnen VOC in diesen Abluftreinigungsanlagen eliminiert.

<sup>14</sup> TNV = thermische Nachverbrennung (hier inklusive biologisch Abluftreinigung), abgeschlüsselt in die NFR-Codes 2 D 3 d Beschichtung, 2 D 3 e Entfettung, 2 D 3 g chemische Produkte, 2 D 3 h Druck, 2 D 3 i andere Lösungsmittel-Anwendungen, 2 G andere Produkt-Anwendungen.

<sup>15</sup> Die Erhebung der CO<sub>2</sub>-Bildung erfolgte erstmals für das Jahr 2004 rückwirkend bis 1990 und wurde für 2015 vollständig aktualisiert. In den Jahren 2005 bis 2014 und ab 2016 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 – 2019



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 Zunahme.<sup>16</sup> Seit 2002 bleibt die Anzahl mehr oder weniger konstant.

Nicht erfasst sind in dieser Darstellung Abluftreinigungsanlagen, in welchen die VOC ohne Umwandlung in CO<sub>2</sub> zurückgehalten werden (Aktivkohle, Cryotechnik etc.). Die Anzahl dieser Anlagen kann aus den VOC-Bilanzen annähernd ermittelt werden.<sup>17</sup> 2001 waren 27 Anlagen in Betrieb, 2007, 2010, 2013, 2016 und 2019 jeweils zwischen 31 und 36. Die in diesen Abluftreinigungsanlagen eliminierten VOC werden auf rund 9'000 Tonnen geschätzt.

Die Gesamtmenge in Abluftreinigungsanlagen eliminiertes VOC liegt zwischen 31 und 34 Kilotonnen. Im Vergleich dazu betragen die VOC-Emissionen aus industriellen Prozessen und Produktanwendungen 2019 44 Kilotonnen.<sup>18</sup> Ohne Abluftreinigungsanlagen würden diese VOC-Emissionen rund 75 % höher ausfallen.

<sup>16</sup> 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.

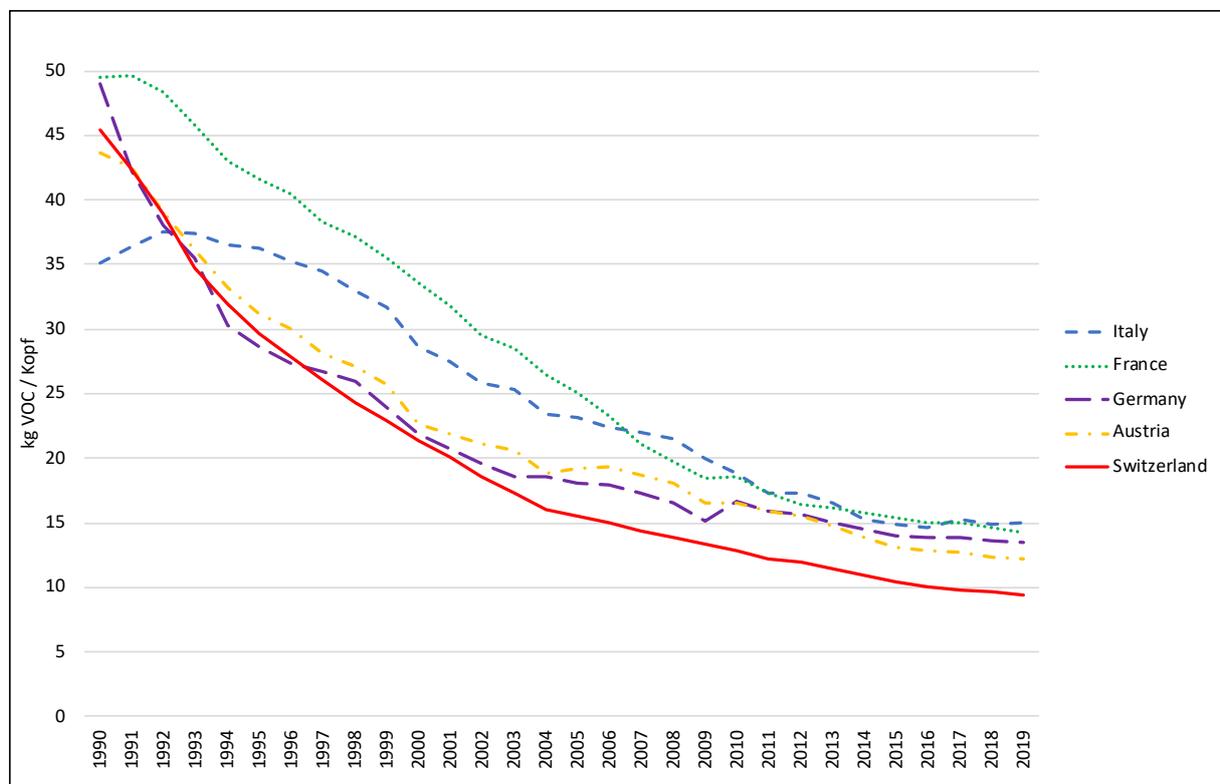
<sup>17</sup> VOC-Bilanzen mit Anhang 20 (gefasste Abluft) oder 22 (Befreiungsantrag nach Art. 9 VOCV), die nicht bereits in der CO<sub>2</sub>-Liste erfasst sind.

<sup>18</sup> Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution to the United Nations ECE Secretariat: <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/fachinfo-daten/Switzerlands-Informative-Inventory-Report-2019.pdf.download.pdf/switzerlands-informative-rep-2021.pdf> |o "Switzerland's Informative Inventory Report 2021"

## 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 und Italiens (Centre on Emission Inventories and Projections (CEIP): CLRTAP Inventory Submissions)<sup>19</sup> miteinander verglichen. Die NMVOC-Emissionen wurden durch die Einwohnerzahlen<sup>20</sup> dividiert, um die Emissionen pro Kopf der Bevölkerung direkt miteinander zu vergleichen.

Abbildung 6 Vergleich der Entwicklung der NMVOC-Emissionen pro Kopf der Bevölkerung in Österreich, der Schweiz, Deutschland, Frankreich und Italien 1990 bis 2019



Die NMVOC-Emissionen sind in der Schweiz und ihren Nachbarländern in den letzten dreissig Jahren deutlich zurückgegangen, in Italien um über 57 % pro Kopf, in Frankreich, Deutschland und Österreich um rund 72 % und in der Schweiz um gut 79 %. Während im ersten Jahrzehnt des Betrachtungszeitraums die Emissionsminderung im deutschsprachigen Raum sehr ähnlich verläuft, ist der Rückgang in der Schweiz nach Einführung der VOC-Lenkungsabgabe im Jahr 2000 deutlich ausgeprägter als in den Nachbarländern, welche keine Lenkungsabgabe kennen.

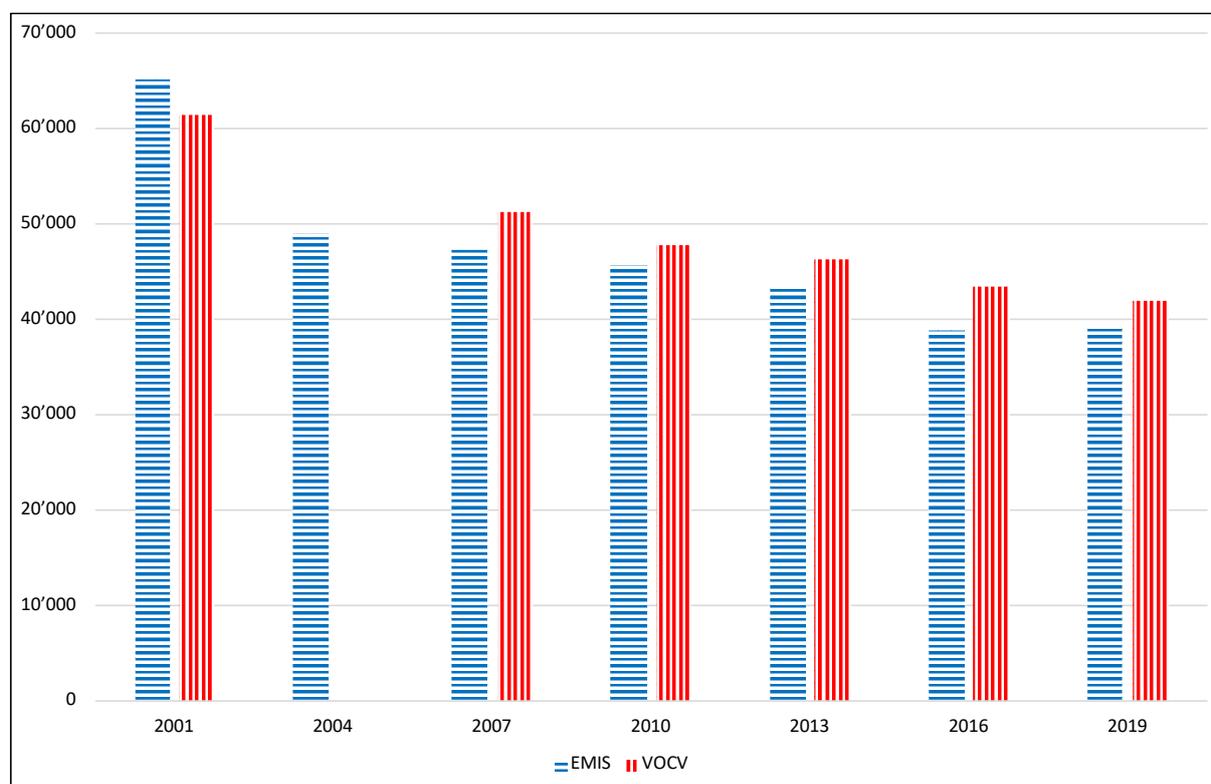
<sup>19</sup> <https://www.ceip.at/webdab-emission-database/reported-emissiondata>

<sup>20</sup> <https://www.laenderdaten.info/Europa/Italien/bevoelkerungswachstum.php>

## 5 Vergleich mit den EMIS-Daten

Die in Kapitel 4 mit den Nachbarländern verglichenen Emissionen in der Schweiz basieren auf EMIS, der Emissionsdatenbank des Bundes. In EMIS wird unterschieden zwischen den der Lenkungsabgabe unterstellten VOC (LUVOC) und den übrigen VOC-Emissionen. Die LUVOC-Emissionen in EMIS sind damit direkt mit den in dieser Arbeit aus den VOCV-Daten abgeleiteten Emissionen vergleichbar. In Abbildung 7 werden die EMIS- den VOCV-Daten gegenübergestellt. Die EMIS-Daten werden in enger Zusammenarbeit mit den Branchenverbänden der Wirtschaft ermittelt und sind von den VOCV-Daten weitgehend unabhängig.

Abbildung 7 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.

Für 2004 erfolgte keine Auswertung der VOCV-Daten.

Ab 2007 zeigen beide Datensätze einen ähnlichen Verlauf mit recht kontinuierlicher Abnahme der VOC-Emissionen. Die aus den VOCV-Daten abgeleiteten Emissionen liegen dabei durchschnittlich knapp 8 % über den EMIS-Werten. Die EMIS-Werte wurden in Zusammenarbeit mit Wirtschaftsvertretern ermittelt und es darf angenommen werden, dass die realen VOC-Emissionen sicher nicht tiefer liegen. 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 Emissionsfaktor gerechnet, reduzieren sich die VOCV-Emissionen. Insgesamt kann festgestellt werden, dass die beiden unterschiedlichen Berechnungsarten zu sehr ähnlichen Ergebnissen führen und sich gegenseitig bestätigen.

Interessant ist, dass die EMIS-Werte von 2016 bis 2019 um knapp 1 % ansteigen. Dies deckt sich mit der Feststellung in Kapitel 2.2, dass die Emissionen der 44 Betriebe mit Befreiung nach Art. 9 VOCV im gleichen Zeitraum einen Anstieg um etwas über 1 % zeigen (siehe Tabelle 6). Offensichtlich konnten einige Betriebe keine weitere Emissionsreduktion erzielen. Gesamthaft ergibt die Auswertung der VOCV-Daten jedoch in diesen drei Jahren eine Emissionsreduktion um fast 4 %.

## 6 Zusammenfassung

2001, 2007, 2010, 2013, 2015/16 und 2019 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 32 % 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 Änderung des Abgabesatzes mehr erfolgt.<sup>21</sup>

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. Die Emissionsschätzung 2001 ist wie unter 1.9 erwähnt auf Grund der unbekanntenen Mengen unbelasteter Lösungsmittel (vor Einführung der Lenkungsabgabe eingekauft) relativ unsicher. Bei Vergleichen über längere Zeiträume wird daher die Emissionsschätzung von 2007 häufig als Bezugspunkt gewählt.

Von 2007 bis 2019 haben die Einnahmen um 13 % auf CHF 117.4 Millionen abgenommen. Im gleichen Zeitraum nahm der VOC-Umschlag der bilanzierenden Betriebe um 15 % zu.

Seit 2007 beträgt die Emissionsreduktion 18 % bzw. 9'373 Tonnen. Diejenigen Betriebe, die eine VOC-Bilanz erstellt hatten, reduzierten in diesem Zeitraum die LUVOC-Emissionen um 42 % bzw. 5'171 Tonnen, alle übrigen Betriebe und die Privaten um 11.5 % bzw. 4'182 Tonnen.

Da das Kollektiv der bilanzierenden Betriebe von Jahr zu Jahr Veränderungen unterworfen ist, wurden jene Betriebe eruiert, die in allen diesen sechs Jahren eine Bilanz eingereicht hatten. Bei diesen 163 Betrieben mit VOC-Bilanzen in allen sechs Jahren konnte eine Emissionsreduktion um 59 % von 2001 bis 2019 resp. um 38 % seit 2007 festgestellt werden.

Unter den 163 Betrieben befinden sich 44, die in allen betrachteten Jahren eine Befreiung nach Art. 9 VOCV erhielten. Diese 44 Betriebe haben von 2001 bis 2019 die LUVOC-Emissionen um 58 %, seit 2007 um 41.5 % reduziert. Da im gleichen Zeitraum der VOC-Umsatz in diesen Betrieben angestiegen ist, resultiert für 2019 eine Emissionsrate, welche nur noch 29 % jener von 2001 oder 50% 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 2001<sup>22</sup> und gut 4'000 Tonnen seit 2007 geführt hat. Während die circa 600 bilanzierenden Unternehmen im Zeitraum von 2007 bis 2019 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.

---

<sup>21</sup> Auch die Teuerung wurde nicht angepasst. Nach dem Index der Konsumentenpreise entspricht dies einer effektiven Senkung der Lenkungsabgabe von Anfang 2003 bis Ende 2019 um 6.1 %.

<sup>22</sup> 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 EMEP-Daten analysiert. Ab 2000 sinken die NMVOC-Emissionen in der Schweiz deutlich 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 teilweise 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 2019

Anzahl VOC- Bilanzen	Branche	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)	Diffuse Emissionen geschätzt	Befreite Emissionen (Ziffer 22 + teilw. geschätzt)	Emissionen total	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 t VOC
143	Chemie/Pharma	713'669	2	42	234	714	527	260	1'779	0.25%
24	Verpackungsdruck	19'040	0	0	3	108	0	1'469	1'581	8.31%
147	Metallentfettung	3'868	0	0	2	1'005	239	4	1'250	32.32%
25	Farbherstellung	10'296	11	0	33	210	152	72	478	4.64%
10	Kosmetik	2'272	0	2	0	174	123	0	299	13.18%
22	Farbanwendung	1'510	0	0	6	246	2	33	287	19.03%
12	EPS	2'320	0	0	4	59	66	75	204	8.80%
9	Aromen/Parfüm	17'239	0	78	47	47	5	26	203	1.18%
30	Labor	488	0	0	0	159	33	1	193	39.58%
15	Elektronik	428	0	0	0	124	27	1	153	35.80%
10	Giesserei	384	0	0	70	49	0	0	119	31.03%
10	Klebstoffanwendung	1'370	0	0	15	64	8	24	111	8.11%
25	Handel	47'173	2	1	0	46	28	0	76	0.16%
12	Kunststoffe	375	0	0	4	66	0	0	70	18.57%
3	Schaumstoffe	1'232	0	0	37	29	0	0	66	5.36%
7	Druckereien	116	0	0	0	49	0	3	51	44.40%
22	Härtereie	564	0	0	0	33	0	0	33	5.93%
15	Textilveredlung	720	0	0	4	8	7	11	30	4.11%
3	Herst. v. Druckfarben	1'874	0	0	0	4	0	19	24	1.27%
3	Kläranlage	7'794	0	0	0	1	0	8	9	0.11%
59	Diverse	106'819	0	3	23	166	6	15	212	0.20%
<b>606</b>	<b>2019</b>	<b>939'552</b>	<b>14</b>	<b>126</b>	<b>482</b>	<b>3'362</b>	<b>1'222</b>	<b>2'023</b>	<b>7'229</b>	<b>0.77%</b>

## Anhang 3 Abschätzung der LUVOC-Emissionen

LA-Einnahmen Mittelwert 2019/20	117.36 [Mio CHF]
Netto-Ertrag aus Bilanzen	11.95 [Mio CHF]
Ertrag Nichtbilanzierer	105.40 [Mio CHF]

VOC Nichtbilanzierer	35'135 [t VOC]
davon nicht emittiert (8.5 %)*	2'986 [t VOC]
Emission Nichtbilanzierer	32'149 [t VOC]

LUVOC-Emissionen 2019	
Bilanzierer**	7'229 [t VOC]
Nichtbilanzierer	32'149 [t VOC]
Nicht-Positivliste-Produkte*	1'500 [t VOC]
Produkte < 3 %*	1'000 [t VOC]
Nicht berücksichtigte Faktoren	?
Total LUVOC-Emissionen	41'878 [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 2019 eine VOC-Bilanz eingereicht haben (606 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 (+, nicht mehr relevant)
	Nicht bilanzierte Emissionen bei Nichtverfügbarkeit von Abluftreinigungsanlagen (+)
	Nicht bilanzierte belastete Emissionen bei Betrieben im Verpflichtungsverfahren (+)

## Anhang 4 Vergleich der LUVOC-Emissionsschätzungen mit den Vorjahren

	2001	2007	2010	2013	2015/16	2019
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	117'357'593
VOC-Eingänge der bilanzierenden Betriebe [t/a]	760'274	820'096	848'427	964'703	985'943	939'552
belastete Emissionen nicht bilanzierender Betriebe	35'659	36'330	34'790	33'950	32'884	32'148
bilanzierte Emissionen (Ziffer 18 - 21 aller Bilanzen)	5'591	5'124	4'636	4'744	4'049	3'985
plus zusätzliche Emissionen der Art. 9 Anlagen	5'451	4'132	3'843	3'106	2'507	2'023
plus zusätzlich geschätzte diffuse Emissionen	1'401	3'165	1'973	1'964	1'621	1'222
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	1'500
Schätzung VOC-Emission Produkte <3%	1'000	1'000	1'000	1'000	1'000	1'000
<b>Total VOC-Emissionen [t/a]</b>	<b>61'365</b>	<b>51'251</b>	<b>47'742</b>	<b>46'264</b>	<b>43'561</b>	<b>41'878</b>

## **Impressum**

### **Auftraggeber:**

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

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

### **Auftragnehmer:**

Carbotech AG

### **Autoren:**

Andi Schneider

Yvonne Eggenberger

### **Begleitung BAFU:**

Jan-Aaron Klaassen

### **Hinweis:**

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt sind allein die Auftragnehmer verantwortlich.