



Stellungnahme zu den Ausführungen betreffend organische Emissionen im Bericht der ecra, angefordert durch das BAFU und Forderung der Abänderung der Luftreinhalteverordnung

Josef Waltisberg, dipl. Ing. ETH

Bericht: **JW-20-10**

Datum: 29.06.2020

Zusammenfassung

In der heute gültigen Luftreinhalteverordnung wird für organische Emissionen (TOC) ein Grenzwert von 80 mg/m^3 festgelegt. Dieser Grenzwert erlaubt es den Schweizer Zementwerken auch organische Emissionen aus Abfällen zu emittieren. Dies ist in ganz Europa durch die entsprechenden Vorschriften nicht gestattet.

Ich habe bei den Bundesrätinnen Leuthard und später bei Somaruga interveniert und sie mit Berichten auf diese Tatsachen aufmerksam gemacht. Bei der ersten Intervention bekam ich vom BAFU keine Antwort, bei der zweiten wurde ich mehr oder weniger auf den Dienstweg (Vernehmlassung) verwiesen. Man hat scheinbar die Arbeiten für die nächste Revision aufgenommen und zu diesem Zweck eine Studie von der European Cement Research Academy (ecra) machen lassen.

Dieser ecra-Bericht geht aber in keiner Weise auf die Probleme der organischen Emissionen in der Schweiz ein und auch nicht auf die abweichende Gesetzgebung der Schweiz gegenüber den Nachbarstaaten. Man strebt wohl den Status quo an. Das heisst, man will wohl nichts an der bestehenden Situation ändern und die organischen Emissionen aus Abfällen sollen in der Schweiz auch weiterhin akzeptiert werden.

Ich fordere, dass auch die Schweiz zukünftig nicht mehr erlaubt, dass organische Emissionen aus den Abfällen entstehen dürfen. Ein Vorschlag über die Änderungen der künftigen Luftreinhalteverordnung ist ein Teil dieses Berichtes.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
2. Der Bericht der ecra	6
2.1 Titel und Nummer des Berichtes	6
2.2 Der Auftraggeber	6
2.3 Der Auftragnehmer	6
3. Kritik am ecra-Bericht.....	7
3.1 Die Aufgabenstellung	7
3.2 Vorgaben zur Emissionsminderung in der Schweiz.....	7
3.3 Gesetzliche Vorgaben und Vollzug in Europa und in den Nachbarländern	8
3.3.1 Deutschland	8
3.3.2 Frankreich	9
3.3.3 Österreich	9
3.3.4 Italien	9
3.4 Vergleich der Regelungen der Nachbarstaaten mit der Schweiz	10
3.5 Die Ursache der organischen Emissionen (TOC).....	10
3.5.1 Abfallbasierte Rohmaterialkomponenten	10
3.5.2 Sekundärfeuerung	11
3.6 Die Emissionen von krebserzeugendem Benzol	12
3.6.1 Vorschriften in der Schweiz und in Deutschland	12
3.6.2 Herkunft der Komponente Benzol	13
3.7 Kohlenmonoxid (CO).....	15
3.7.1 Vorschriften in der Schweiz und in Deutschland	15
3.7.2 Ursache der Emission von Kohlenmonoxid.....	15
3.8 Der Austreibungs- / Ausgasungsversuch	16
3.8.1 Der Austreibungsversuch [15].....	16
3.8.2 Der Ausgasungsversuch	17

3.9	Stand der Technik für die Emissionsminderungen	18
3.9.1	Sekundärmaßnahmen	18
3.9.2	Reduktionsanlagen	18
5.	Forderung nach einer Änderung der Luftreinhalteverordnung.....	21
	Literatur	23

1. Einleitung

Bei der Revision der Schweizer Luftreinhalteverordnung [02], die am 1. Januar 2016 in Kraft getreten ist, wurden die Emissionen von organischen Substanzen für Zementwerke neu geregelt und ein Grenzwert von 80 mg/m^3 für flüchtige organische Emissionen (TOC) eingeführt. Im Weiteren wurde der seit 1990 in Deutschland und seit 2000 in Europa eingeführte Grenzwert für polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane („Dioxine“) endlich auch in die Schweizer Verordnung übernommen. Das BAFU [03] begründet den Grenzwert von 80 mg/m^3 mit der Möglichkeit, dass in allen Schweizer Zementwerken belastete Böden bzw. kontaminiertes Erdreich als Rohmaterialersatz eingesetzt werden kann. Vergessen wird aber, dass damit auch Emissionen aus Abfällen aus der Sekundärfeuerung zugelassen werden. Deutschland und auch Europa haben einen Grenzwert von 10 mg/m^3 und erlauben eine Anpassung des Wertes durch die Behörden für Zementwerke, deren organische Emission aus den Rohmaterialien (Kalkstein, Mergel, ...) höher sind. Es wird aber klar festgelegt, dass diese erhöhten organischen Emissionen nicht aus der Verbrennung von Abfällen stammen dürfen.

Die Emissionsdaten (Tagesmittelwerte) der Jahre 2014/2015/2016 wurden ausgewertet und in meinem Bericht darüber [13] wurde belegt, dass die organischen Emissionen der Schweizer Werke teilweise aus der Verbrennung von Abfällen stammen. Am 21.08.2018 wurde dieser Bericht an die damalige Bundesrätin Leuthard geschickt. Sie hat ihn ans BAFU weitergeleitet. Von diesem Amt bekam ich telefonisch von einem Herrn Müller die Nachricht, dass man der Sache nachgeht. Seither habe ich nichts mehr gehört!

Erneut wurden die Emissionsdaten der Jahre 2017/2018 ausgewertet und mein Bericht [14] wurde der Bundesrätin Somaruga geschickt. Am 04.03.2020 erhielt ich folgende Antwort:

Das Generalsekretariat des UVEK hat uns Ihre E-Mail, welche Sie am 13. Februar 2020 an Frau Bundespräsidentin Sommaruga geschickt hatten, zur Beantwortung weitergeleitet. Gerne nehmen wir dazu wie folgt Stellung.

In der Antwort, welche Sie am 26. September 2018 von der damaligen Bundesrätin Doris Leuthard erhalten haben, hatte das BAFU angekündigt, den Sachverhalt bezüglich der Emissionen gasförmiger organischer Stoffe mit den Standortkantonen zu besprechen. Eine solche Besprechung hat im Frühjahr 2019 stattgefunden und dabei wurden insbesondere auch die in Ihrem letzten Bericht festgestellten häufigen Überschreitungen der VOC- und Benzolgrenzwerte im Zementwerk Wildegg erörtert. Zu jenem Zeitpunkt liefen Anstrengungen des Werks in Absprache mit dem Kanton und es zeigten sich bereits deutliche Verbesserungen der Situation.

Parallel dazu haben wir die Arbeiten für eine nächste Revision der LRV im Bereich der Zementwerke aufgenommen, wie dies im obengenannten

Schreiben angekündigt wurde. Zu diesem Zweck haben wir von der European Cement Research Academy eine Studie erstellen lassen, welche den Stand der Technik und Möglichkeiten von Emissionsminderungen bei Stickoxiden, Ammoniak, VOC und Staub betrachtete. Die ECRA-Studie ist auf der Webseite des BAFU publiziert. Auf dieser Basis hat das BAFU inzwischen einen Entwurf für eine LRV-Änderung ausgearbeitet, welcher voraussichtlich von ca. April bis Juni 2020 in der Vernehmlassung sein wird (siehe Rechtsetzungsprogramm des BAFU).

Selbstverständlich haben Sie die Möglichkeit, im Rahmen der Vernehmlassung eine Stellungnahme abzugeben und die einzelnen Ziffern zu kommentieren oder Änderungsanträge anzubringen.

Wir hoffen, Ihnen mit diesen Informationen zu dienen und stehen für weitere Fragen gerne zur Verfügung.

Der zitierte Bericht der ecra [01] soll scheinbar ein Expertengutachten sein und zeigen, wie die Schweiz bei der nächsten Änderung der Luftreinhalteverordnung ihre Vorschriften eventuell ändern soll. Der Bericht geht aber in keiner Weise auf die Probleme der organischen Emissionen ein und auch nicht auf die abweichende Gesetzgebung der Schweiz gegenüber den Nachbarstaaten. Meine Bedenken, die ich in den beiden Berichten [13, 14] geäußert habe, werden ignoriert. Man strebt wohl den Status quo an. Das heisst, man will nichts an der bestehenden Situation ändern und die organischen Emissionen aus Abfällen sollen in der Schweiz auch weiterhin akzeptiert werden.

2. Der Bericht der ecra

2.1 Titel und Nummer des Berichtes

A-2019/1789: Einschätzung des Stands der Technik bezüglich Emissionsreduktionen in der Zementindustrie in der Schweiz und in den Nachbarländern, ausgegeben am 26.09.2019.

2.2 Der Auftraggeber

Die Studie der ecra wurde vom Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien, Sektion Industrie und Feuerungen, CH-3003 Bern Am 27.06.2019 sowie der cemsuisse, Verband der Schweizerischen Zementindustrie (cemsuisse), Marktgasse 53, CH-3001 Bern am 05.07.2019 in Auftrag gegeben.

2.3 Der Auftragnehmer

Der Auftragnehmer ist die ecra, die European Cement Research Academy, Tannenstrasse 2, D-40476 Düsseldorf mit dem Projektleiter Dr.-Ing. Volker Hoenig und dem Bearbeiter Dr. Helmut Hoppe

Die Europäische Zementforschungsakademie (ecra) ist eine Tochter des Vereins Deutscher Zementwerke (VDZ) und wurde 2003 als Plattform gegründet. Sie ermöglicht dem VDZ auf der Ebene der europäischen Zementindustrie Forschungsaktivitäten im Zusammenhang mit der Herstellung von Zement und dessen Anwendung durchzuführen. Die Aktivitäten der ecra umfassen Seminare, Workshops und spezielle Forschungsprojekte.

- Verein Deutscher Zementwerke e.V.
Hauptgeschäftsführer: Dr. Martin Schneider
Geschäftsführer VDZ gGmbH: Dr.-Ing. Volker Hoenig, Abteilungsleiter Umwelt und Betriebstechnik
- ecra
Geschäftsführender Direktor: Dr. Martin Schneider
Projektleiter dieses Auftrags: Dr.-Ing. Volker Hoenig

3. Kritik am ecra-Bericht

In meinem Bericht werden verschiedene Ausführungen der ecra im technischen Bericht A-2019/1789 [01] kritisiert. Dabei wird nur auf die Aussagen bezüglich der organischen Emissionen eingegangen.

3.1 Die Aufgabenstellung

Die ecra wurde beauftragt, den Stand der Emissionsminderungen in der Zementindustrie für die Komponenten NO_x, sowie von Staub und Gesamtkohlenstoff (TOC) darzustellen.

Die Aufgabenstellung bestand aus folgenden Punkten:

- Darstellung der umweltrechtlichen Vorgaben für die Emissionen der genannten Luftschadstoffe in der Schweiz und in den Nachbarländern.
- Zusammenfassung der Stand der Emissionsminderungsverfahren und inwieweit diese Verfahren in der Schweizer Zementindustrie angewendet werden können.
- Gesamtökologische und wirtschaftliche Bewertung der Emissionsminderungsverfahren.

3.2 Vorgaben zur Emissionsminderung in der Schweiz

Für die gasförmigen organischen Bedingungen wird der Grenzwert von 80 mg/m³ erwähnt, aber **mit keinem Satz** wird gesagt, warum die Schweiz diesen Grenzwert so viel höher als die entsprechenden Werte in Europa bzw. den Nachbarländern definiert hat. Dies ist von zentraler Bedeutung, wenn dieser Wert mit dem Ausland verglichen wird.

Die Schweiz führte diesen TOC-Grenzwert erst in der revidierten Schweizer Luftreinhalteverordnung ein, welche am 1. Januar 2016 [02] in Kraft getreten ist. Dazu schreibt das BAFU [03].

Neu wird in Anhang 2 LRV ein Emissionsgrenzwert von 80 mg/m³ eingeführt. Dieser Grenzwert ist so gewählt, dass in allen Schweizer Zementwerken belastete Böden bzw. kontaminiertes Erdreich als Rohmaterialersatz eingesetzt werden kann. Das bedingt zwar geringere Mehremissionen in die Luft, dieser Entsorgungsweg ist aber unter einer gesamtheitlichen Ressourcenbetrachtung gewünscht und in gewissen Fällen beispielsweise einer Deponierung oder anderweitigen Behandlung vorzuziehen.

In der Schweiz sind also organische Emissionen bis 80 mg/m³ erlaubt, unabhängig woher diese stammen. Sie können aus abfallbasierten Rohmaterialien, aber auch aus der Verbrennung von Abfällen stammen.

3.3 Gesetzliche Vorgaben und Vollzug in Europa und in den Nachbarländern

Auf Europäischer Ebene ist im Anhang VI Teil 4 der sogenannten Industrial Emissions Directive (IED) [06] der Grenzwert für TOC mit 10 mg/m^3 (Tagesmittelwert) festgelegt, wobei die Möglichkeit von Ausnahmen vorgesehen sind.

Zitat IED: Die zuständige Behörde kann Ausnahmen für die unter dieser Nummer festgesetzten Emissionsgrenzwerte genehmigen, wenn der vorhandene organisch gebundene Gesamtkohlenstoff und das SO_2 nicht durch die Mitverbrennung von Abfällen entstehen.

Zitat ecra: Möglichkeit zur Genehmigung von Ausnahmen ist vorgesehen, wenn die Emissionen nicht durch die Verbrennung von Abfällen entstehen. Die TOC-Emissionen sollen auch nicht durch den Einsatz von alternativen Rohmaterialien verursacht werden.

In beiden Zitaten wird gesagt, dass der Gesetzgeber nur eine Ausnahmeregelung vorgesehen hat, wenn die organischen Emissionen aus den natürlichen Rohmaterialien (Kalkstein, Mergel, Ton, ...) entstehen und nicht aus abfallbasierten Brennstoffen und/oder aus abfallbasierten Rohmaterialien.

Die IED-Richtlinie wurde von den Mitgliedsstaaten der EU in nationales Recht übernommen, wobei die meisten Staaten die Vorgaben vollständig übernommen haben, während sie zum Beispiel Deutschland verschärft haben.

Für Zementwerke, welche keine Abfälle gelten einsetzen, gilt die Industrial Emissions Directive (IED) nicht. Nachbarstaaten haben für diese Fälle separate Verordnungen geschaffen. Da die Schweizer Zementwerke Abfälle einsetzen, wird auf diese Verordnungen nicht eingegangen.

3.3.1 Deutschland

Deutschland hat den Europäischen Grenzwert in die 17. BImSchV [07] übernommen, wobei dieser Grenzwert aber nicht nur für den Tagesmittelwert, wie in Europa, sondern auch für den Halbstundenmittelwert gilt.

17. BImSchV, §9.

Soweit in Anlage 3 nicht anders festgelegt ist, dürfen die Halbstundenmittelwerte das Zweifache der jeweils festgelegten Tagesmittelwerte nicht überschreiten

Nach Anlage 3 Nr. 2.1.2 kann die zuständige Behörde auch Ausnahmen erteilen:

Die zuständige Behörde kann auf Antrag des Betreibers Ausnahmen für Schwefeldioxid und Gesamtkohlenstoff genehmigen, sofern diese Ausnahmen auf Grund der Zusammensetzung der natürlichen Rohstoffe erforderlich sind und ausgeschlossen werden kann, dass durch den Einsatz von Abfällen oder Stoffen nach § 1 Absatz 1 zusätzliche Emissionen an Gesamtkohlenstoff und Schwefeldioxid entstehen.

Hier wird klar definiert, dass die Ausnahme nur auf Grund der Zusammensetzung der Rohmaterialien gewährt werden darf, aber keinesfalls durch Emissionsanteile aus Abfällen. Eine Festlegung des Grenzwertes ist in diesem Fall über Laboruntersuchungen des Rohmaterials festzulegen (siehe 3.8: Austreibungsversuch, Ausgasungsversuch). Zitat aus dem ecrea-Bericht:

Dazu werden in der Regel Laboruntersuchungen durchgeführt, bei denen das rohstoffbedingte Emissionsniveau ermittelt wird.

3.3.2 Frankreich

Frankreich hat die Europäische Verordnung (IEP) in nationales Recht umgesetzt und keine Verschärfung vorgenommen. Es gilt also ein Grenzwert für TOC von 10 mg/m³ (Tagesmittelwert) mit der entsprechenden Ausnahmeregelung der IEP.

2.3.3 Österreich

Österreich hat die Europäische Verordnung (IEP) in nationales Recht umgesetzt und keine Verschärfung vorgenommen. Es gilt also ein Grenzwert für TOC von 10 mg/m³ (Tagesmittelwert), wobei folgende Ausnahmeregelung gilt [10]:

Die Behörde kann für organisch gebundenen Kohlenstoff, der nachweislich nicht aus der Verbrennung von Abfällen entsteht (zB Emissionen auf Grund der Rohmaterialien), auf Antrag eine Ausnahme genehmigen, wobei jedoch ein Grenzwert von 120 mg/m³ nicht überschritten werden darf.

Es wird erwähnt, dass in Österreich die TOC-Emissionen durch eine DeCONOX-Anlage im Werk Kirchdorf und regenerative thermische Oxydationsanlagen in den Werken in Wietersdorf und Wopfung diese Emissionen reduziert..

3.3.4 Italien

Italien hat die Europäische Verordnung (IEP) in nationales Recht umgesetzt und keine Verschärfung vorgenommen. Es gilt also ein Grenzwert für TOC von 10 mg/m³ (Tagesmittelwert) mit der entsprechenden Ausnahmeregelung der IEP.

3.4 Vergleich der Regelungen der Nachbarstaaten mit der Schweiz

Die Schweizer Regelung unterscheidet sich also deutlich von den Regelungen der Nachbarstaaten. Wie dargestellt wurde, gibt es in der Schweiz – im Gegensatz zu den Nachbarstaaten – keine Einschränkung betreffend der Herkunft der organischen Emissionen.

<u>Schweiz</u>	<u>Nachbarstaaten</u>
<p>Der Grenzwert liegt bei 80 mg/m³ <u>ohne Ausnahmeregelung.</u></p> <p>Emissionsanteile aus der Verbrennung von Abfällen und/oder aus der Zugabe von abfallbasierten Rohmaterialien sind <u>erlaubt.</u></p>	<p>Der Grenzwert liegt bei 10 mg/m³ <u>mit Ausnahmeregelungen.</u></p> <p>Ausnahmeregelungen für Emissionen > 10 mg/m³ dürfen nur erlaubt werden, wenn die Emissionen nicht aus der Verbrennung von Abfällen oder aus der Zugabe von abfallbasierten Rohmaterialien stammen.</p>

3.5 Die Ursache der organischen Emissionen (TOC)

Wie erwähnt können zusätzliche organische Emissionen zu den Emissionen aus den natürlichen Rohmaterialien entstehen, nämlich durch Zugabe von abfallbasierten Rohmaterialkomponenten oder durch die Verbrennung von Abfällen in der Sekundärfeuerung. Diese sind den Emissionen aus den „natürlichen“ Rohmaterialien (Kalkstein, Mergel, Ton, ...) überlagert.

3.5.1 Abfallbasierte Rohmaterialkomponenten

Wie bereits erwähnt (vgl. 3.2, 3.4) lässt die Schweiz Emissionen aus abfallbasierten Rohmaterialkomponenten zu. Der Grenzwert von 80 mg/m³ wurde so hoch gewählt, dass es kaum möglich ist mit abfallbasierten Rohmaterialien eine Überschreitung zu realisieren. Die Schweiz ist das einzige Land, das eine solche Entsorgung zulässt und das muss unbedingt gestoppt werden. Die Luftreinhalteverordnung muss entsprechend geändert werden.

Die Schweiz erlaubt auch die Verwendung von Abfällen mit sehr kritischen Verbindungen als Rohmaterialersatzstoffe, wenn die Stoffe gewisse Konzentrationen nicht überschreiten [04], z.B. Polychlorierte Biphenyle (PCB) mit einer Konzentration von 10 mg/kg Trockensubstanz. Eine Mengenbeschränkung erfolgt über die Konzentration von bestimmten Schwermetallen im Klinker und der Bestimmung,

dass Rohmehlersatzstoffe höchstens einen Anteil von 5 Gewichtsprozent an der Gesamtmenge von Rohmaterial und Rohmehlkorrekturstoffen ausmachen dürfen.

AAEV: Art.4 Anhang 24

Anforderungen an Abfälle für die Herstellung von Zement und Beton

1 Verwendung von Abfällen als Rohmaterial und Rohmehlkorrekturstoffe

1.1 Abfälle dürfen als Rohmaterial bei der Herstellung von Zementklinker verwendet werden, wenn sie die nachfolgenden Grenzwerte (Gesamtgehalte) nicht überschreiten und der hergestellte Zementklinker die Anforderungen nach Ziffer 1.4 (Anmerkung: Grenzwerte von Gehalt an Schwermetallen im Klinker) einhält:

Es erstaunt daher nicht, dass zwischen 2014 und 2018 zwei Schweizer Werke hohe Dioxin-Werte aufwiesen bzw. in einem Fall den erst 2016 endlich eingeführten Grenzwert überschritten.

3.5.2 Sekundärfeuerung

Im ecra-Bericht wird erwähnt, dass es keine Sekundärmassnahme, das heisst keine Massnahme im Zementprozess gibt, die organischen Emissionen zu begrenzen. Es ist lediglich möglich, dass Rohmaterialien bzw. Rohmaterialkomponenten mit erhöhten organischen Gehalten nicht über den Rohmühlenpfad sondern direkt in den „Heissbereich“ des Ofens (z.B. Ofeneinlauf) aufgegeben werden sollen.

Mit keinem Wort wird wiederum erwähnt, dass organische Emissionen auch in der Sekundärfeuerung entstehen können, was nach den Europäischen Vorschriften nicht zu einer Erhöhung der Grenzwerte (Ausnahmeregelung) führen darf. Der VDZ schreibt in seinen Umweltdaten [09] seit Jahren:

(1) Der Klinkerbrennprozess ist dagegen ein Stoffumwandlungsprozess, der aus Gründen der Klinkerqualität stets mit Luftüberschuss betrieben werden muss. In Verbindung mit den langen Verweilzeiten bei hohen Temperaturen führt dieses praktisch zu einem vollständigen Brennstoffausbrand.

(2) Die thermische Zersetzung organischer Bestandteile des Rohmaterials im Vorwärmer führt zu den entsprechenden rohmaterialbedingten Emissionen an Kohlenstoffmonoxid und organischem Gesamtkohlenstoff.

Dieser erste Satz (1) stimmt für die Verbrennung in der Hauptflamme des Ofens, aber nicht für die Sekundärfeuerung. In diesem Bereich herrschen deutlich tiefere Temperaturen von 850 bis 1100 °C als in der Hauptflamme, deutlich kürzere Verweilzeiten (2 Sekunden oder etwas mehr über 850 °C) und teilweise reduzierende Verbrennungszonen. Im Weiteren führt eine schlechte Verbrennung in der Sekundärzone nicht a priori zu schlechter Klinkerqualität.

Im zweiten Satz (2) werden die organischen Emissionen eines Ofens nur auf die thermische Zersetzung organischer Bestandteile des Rohmaterials zurückgeführt und das stimmt nicht allgemein.

Mindestens in einem Werk in der Schweiz, bei Jura Cement Wildegg, wurde bewiesen, dass ein Teil der hohen organischen Emissionen (TOC) aus der Verbrennung der Reifen, also aus der Sekundärfeuerung stammt. Das Werk hat seine organischen Emissionen (TOC) und insbesondere auch die Emission von krebserzeugendem Benzol (siehe dazu 3.6), durch feuerungstechnische Massnahmen deutlich senken können.

Es ist durchaus wahrscheinlich, dass auch andere Werke Emissionen aus der Sekundärfeuerung haben. Da ich nur im Besitz der Tagesmittelwerte der Jahre 2014 bis 2018 der sechs Schweizer Zementwerke bin und keine weiteren Informationen besitze, kann ich diese Aussage nicht belegen.

3.6 Die Emissionen von krebserzeugendem Benzol

Mit keinem Wort wird im ecrea-Bericht auf die einzelnen Komponenten der organischen Emissionen eingegangen. Scheinbar wurde eine Aussage über dieses „heisse Thema“ auch nicht von der cemsuisse gefordert bzw. gewünscht (siehe 3.1, Aufgabenstellung). Den Verfassern des ecrea-Berichtes muss es aber sicher nicht entgangen sein, dass die Schweiz spezielle Vorschriften für die krebserzeugende Komponente Benzol in der Luftreinhalteverordnung definiert hat.

3.6.1 Vorschriften in der Schweiz und in Deutschland

Beide Länder stufen Benzol als krebserzeugende Verbindung ein und der Grenzwert liegt bei 5 mg/m^3 , wobei Minderungsgebote zu beachten sind.

Schweiz [02]

- LRV; 82 Emissionsbegrenzung
 - ¹ *Die Emissionen von krebserzeugenden Stoffen sind unabhängig vom Risiko der durch sie verursachten krebserzeugenden Belastung so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.*
 - ² *Die Emissionen der in Ziffer 83 aufgeführten krebserzeugenden Stoffe sind mindestens so weit zu begrenzen, dass die Emissionskonzentrationen die folgenden Werte nicht übersteigen:
Benzol: 5 mg/m^3*
- LRV Anhang 2: (Zementwerke); 119 Überwachung
 - ² *Wer Abfälle, die organische Verbindungen enthalten, als Rohmaterial in der Zementherstellung einsetzt, muss zusätzlich zu Absatz 1:
den Gehalt von Benzol im Abgas kontinuierlich messen und aufzeichnen.*

Deutschland [06]

- TA Luft; Nummer 5.4.2
 - *Krebserzeugende Stoffe*
Nummer 5.2.7.1.1 (Anmerkung: allgemeine Definition des Grenzwertes) gilt mit der Maßgabe, dass für die Emissionen an Benzol im Abgas von Zementöfen die Massenkonzentration 1 mg/m³ anzustreben ist und die Massenkonzentration 5 mg/m³ nicht überschritten werden darf.
 - *Eine kontinuierliche Messung dieser Komponente wird nicht verlangt.*

3.6.2 Herkunft der Komponente Benzol

Eine der wichtigsten organischen Verbindungen ist das krebserzeugende Benzol mit einem Anteil bis maximal etwa 6 bis 8 % am TOC-Signal. Benzol entsteht einerseits aus den natürlichen Rohmaterialien und andererseits kann diese Verbindung auch aus abfallbasierten Rohmaterialien und/oder aus der Sekundärverbrennung stammen. Der VDZ schreibt in den Umweltdaten 2018 [09] dazu:

- *Im Abgas von Drehofenanlagen der Zementindustrie liegen die oben genannten Verbindungen (Anmerkung: BETX - Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol) im Allgemeinen in einer charakteristischen Verteilung vor. BTEX entstehen bei der thermischen Zersetzung organischer Bestandteile des Rohmaterials im Vorwärmer. Sie sind zu etwa 10 % an den Gesamtkohlenstoffemissionen beteiligt.*
- *Benzol entsteht bei der thermischen Zersetzung organischer Bestandteile des Rohmaterials im Vorwärmer. Es ist im Allgemeinen zu mehr als der Hälfte an den Emissionen von BTEX beteiligt.*

Der VDZ verschweigt, genau wie bei der TOC-Emission, eine mögliche Emission aus der Sekundärverbrennung und auch aus abfallbasierten Rohmaterialien. In drei von sechs Zementwerken der Schweiz wurden Benzol-Emissionen kontinuierlich gemessen und in allen diesen drei Werken wurden Überschreitungen des Grenzwertes von 5 mg/m³ [13, 14] festgestellt.

Abfallbasiertes Rohmaterial

Am 09.04.2020 erschien in der Aargauer Zeitung der Artikel „So recycelt Holcim Schlamm“ [18]. Darin wird berichtet, dass das Werk Holcim eine spezielle Anlage zur Behandlung des Strassenschlammes bauen will. Es wird aber auch gesagt, dass dieses Material bis heute einfach dem Rohmaterial zugemischt wurde und zu hohe Emissionen verursachte. Dabei muss man wissen, dass der 80 mg/m³-Grenzwert der TOC-Emissionen nicht überschritten wurden, sondern der Grenzwert der krebserzeugenden Komponente Benzol.

1996/97 wurden solche Schlämme im Holcim-Werk Untervaz untersucht [19]. Man stellte damals fest, dass sich aus diesen Schlämmen vor allem auch das krebserzeugende Benzol entwickelt. Es wurde festgestellt, dass diese Materialien Benzol aus dem Reifenabrieb stammen. Dies war auch erwartet worden, denn man hatte schon bei ungenügender Verbrennung von Reifen hohe Emissionen von Benzol in anderen Werken festgestellt. Damals wurde beschlossen, dieses Material nicht einzusetzen.

Das Wissen über die Gefährlichkeit dieses Materials hätte also im Holcim-Konzern bekannt sein müssen, denn die Resultate dieser Untersuchung wurde in den internen Zement- und Umweltkursen als eines der Negativbeispiele immer wieder erwähnt.

Warum wurde ein solches Material aber trotzdem auf diesem gefährlichen Zugabeweg in den Ofen verwendet?

Die Luftreinhalteverordnung verbietet durch das Minderungsgebot (vgl. 3.6.1) eine Erhöhung von krebserzeugenden Komponenten wie Benzol. Dieser Schlamm war nicht nötig für die Produktion vom Zement und hätte daher auch nicht eingesetzt werden dürfen.

Sekundärfeuerung

Benzol entsteht ganz spezifisch aus bestimmten abfallbasierten Brennstoffen wie zum Beispiel aus Reifen, wie in der meiner neuste Veröffentlichung [16] zusammen mit Roland Weber auch beschrieben wird.

Im Weiteren ist für diese krebserzeugende Verbindung nicht nur ein Grenzwert, sondern auch ein Minimierungsgebot definiert. Somit muss auch verlangt werden, dass die Zementwerke ihre Sekundärbrennstoffe „sauber“ verbrennen.

Im Zementwerk der Jura Cement in Wildeggen wurde eindeutig bewiesen, dass ein Teil der Emissionen von Benzol aus der Verbrennung der Reifen, also aus der Sekundärfeuerung stammen. Mit einer Verbesserung dieser Verbrennung konnte die Benzol-Emission deutlich gesenkt werden, wie die nachfolgende Tabelle zeigt.

Überschreitungen	Tages- mittelwert 5 [mg/m ³]	2 x Stunden- mittelwert 10 [mg/m ³]	Mittelwert über Messperiode [mg/m ³]
ab Mai 2016	39	94	
2017	172	687	5.8
2018	21	32	3.9
2019	1	1	2.7

3.7 Kohlenmonoxid (CO)

Mit keinem Wort wird im ecrea-Bericht auch auf die Emission von Kohlenmonoxid eingegangen, was scheinbar auch kein Thema bei der cemsuisse ist (vgl. 3.1, Aufgabenstellung).

3.7.1 Vorschriften in der Schweiz und in Deutschland

Schweiz:

Im Anhang 2 der Schweizer Luftreinhalteverordnung [02] ist kein Grenzwert für Zementwerke festgelegt. Dies hat zur Folge, dass die Zementwerke diese Emission gar nicht messen oder die Emission messen und nicht auswerten.

Deutschland:

Für Zementwerke ist in der 17. BImSchV [07] folgendes festgelegt:

2.4 Emissionsgrenzwert für Kohlenmonoxid

2.4.1 Die zuständige Behörde hat einen Emissionsgrenzwert für Kohlenmonoxid unter Berücksichtigung der Anforderungen nach §8 Absatz 1 (Anmerkung: 50 mg/m³) festzulegen.

2.4.2 Die zuständige Behörde kann auf Antrag des Betreibers von dem in §8 Absatz 1 für Kohlenmonoxid festgelegten Emissionsgrenzwert abweichen, sofern diese Ausnahmen auf Grund der Zusammensetzung der natürlichen Rohstoffe erforderlich sind und ausgeschlossen werden kann, dass durch den Einsatz von Abfällen oder sonstigen Stoffen nach §1 Absatz 1 zusätzliche Emissionen an Kohlenmonoxid entstehen.

Zementwerke können in der Regel einen Grenzwert von 50 mg/m³ gemäss §8 Absatz 1 gar nicht einhalten und die zuständige Behörde muss einen solchen festlegen. In welchem Bereich diese Grenzwerte liegen und ob alle Behörden solche Grenzwerte erlassen haben, entzieht sich meiner Kenntnis. Auf jeden Fall muss diese Komponente gemessen und ausgewertet werden. In den Umweltdaten des Jahres 2018 [09] wurden 37 Jahresmittelwerte aus der kontinuierlichen Überwachung im Reingas von 37 Drehofenanlagen angegeben und bestätigen diese Aussage.

3.7.2 Ursache der Emission von Kohlenmonoxid

Auch hier erwähnt der VDZ in seinen Umweltdaten [09] nur die Herkunft aus den Rohmaterialien und verschweigt andere Quellen.

Ursache der Emissionen von CO und organisch gebundenem Kohlenstoff beim Klinkerbrennprozess sind vor allem die mit den natürlichen Rohstof-

fen in geringen Mengen zugeführten organischen Bestandteile (Überreste von Organismen und Pflanzen, die im Laufe der Erdgeschichte im Gestein eingebaut wurden). Sie werden beim Vorwärmen des Brennguts umgesetzt und weitgehend zu CO und CO₂ oxidiert. Ein sehr geringer verbleibender Anteil organischer Spurengase (organischer Gesamtkohlenstoff) wird emittiert. Der im Reingas vorliegende Gehalt an CO und organischen Spurengasen lässt beim Klinkerbrennprozess somit keinen Rückschluss auf die Verbrennungsbedingungen zu.

In Veröffentlichung von mir und anderen Coautoren [16, 17] wird gezeigt, dass CO aus der Sekundärfeuerung stammen kann und ein Mass für die Verbrennung ist. Das kann durch entsprechende Messstelle im Prozess auch nachgewiesen werden.

Solange in der Schweiz kein Grenzwert definiert ist, wird diese Komponente gar nicht gemessen und ausgewertet. Dies sollte man sofort ändern.

3.8 Der Austreibungs- / Ausgasungsversuch

Das Problem der Europäischen Gesetzgebung ist die Trennung der Emissionsanteile aus den natürlichen Rohmaterialien und aus eventuell vorhandenen Anteilen aus abfallbasierten Rohmaterialien und/oder aus der Sekundärverbrennung. Eine Festlegung des Grenzwertes für TOC ist in diesem Fall über Laboruntersuchungen des Rohmaterials festzulegen. Zitat aus dem ecra-Bericht:

Dazu werden in der Regel Laboruntersuchungen durchgeführt, bei denen das rohstoffbedingte Emissionsniveau ermittelt wird.

Ich weiss, dass beim VDZ mit einem solchen Versuch gearbeitet wurde. Nach den Aussagen der ecra müsste dieser Versuch heute verwendet werden können.

3.8.1 Der Austreibungsversuch [15]

Im Oktober 1993 wurden von mir der erste Laborversuch zur Bestimmung der organischen Emissionen aus natürlichen Rohmaterialien oder deren Komponenten gemacht. 1994 wurde der ganze Versuch, der bis dahin mit einem Rohrofen gemacht wurde, auf einen Hochfrequenzofen umgestellt. Mit dieser neuen Anordnung gelang es stabile Versuchsverhältnisse zu realisieren.

Natürliche Rohmaterialien

Für die Voraussage der Emissionen aus den natürlichen Rohmaterialien wurden etliche Vergleichsmessungen mit Werksdaten gemacht. Dabei wurde während einer bestimmten Zeit das Signal des installierten FIDs aufgezeichnet und während dieser Zeit wurde eine repräsentative Probe des Rohmehls genommen, welche dann mit dem Austreibungsversuch analysiert wurde. Es wurde dabei auch

sichergestellt, dass kein Einfluss aus der Sekundärfeuerung oder von abfallbasierten Rohmaterialkomponenten vorhanden war.

Aus den Messungen in verschiedenen Werken weltweit wurde dann eine Korrelation zwischen den beiden Datenpaaren berechnet. Mit der erhaltenen Gleichung konnten fortan Resultate des Austreibungsversuchs auf Werksbedingungen umgerechnet werden. Es zeigte sich, dass die Voraussagen recht gut waren, vor allem aber auch die Vorhersage von Benzolemissionen.

Abfallbasierte Rohmaterialien

Der Versuch wurde auch verwendet um abfallbasierte Rohmaterialien zu testen. In der Regel wurden zum Nachweis ein Flammenionisationsdetektor (FID), ein spezieller Massenspektrometer, und/oder bestimmte Absorptionsverfahren verwendet.

Anzahl untersuchter Proben

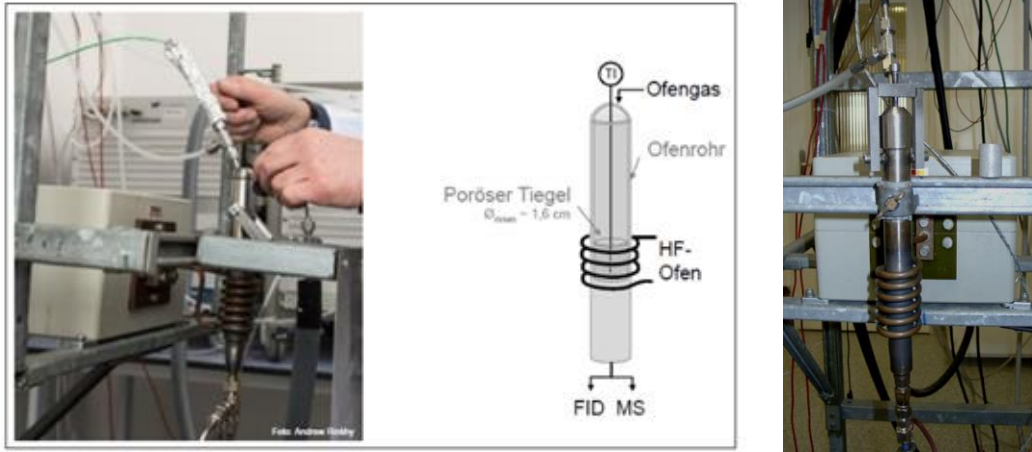
Bis zum 01. Februar 2007 habe ich nach meinen Schätzungen etwas mehr als 3'000 Proben aus aller Welt analysiert. Eine Erweiterung auf GC-Analysen wurde damals geprüft. Ich wurde aber im Februar 2007 abgelöst und machte bis zur Pensionierung Mitte 2009 keine Versuche mehr. Ich habe keine Kenntnisse, was mit dem Versuch geschehen ist. Es scheint, dass er heute in Österreich unter dem Namen „Ausgasungsversuch“ verwendet wird.

3.8.2 Der Ausgasungsversuch

Das österreichische Bundesamt veröffentlichte eine Arbeitsanweisung zur Durchführung von Ausgasungsversuchen [11] und schreibt das Folgende:

Mittels Ausgasungsversuch wird der Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen ermittelt, die während des Aufheizens einer Festprobe freigesetzt werden. Dabei werden die Vorgänge bei der Vorwärmung des Rohmehls in der Zementanlage im Labor simuliert. Die Ergebnisse geben Hinweise auf den geeigneten Aufgabeort des Ersatzrohstoffes und die spezifische Emission im Abgas.

Erstaunlich an diesem Ausgasungsversuch ist die Tatsache, dass es sich genau um die Testvorrichtung handelt, welche ich beim Austreibungsversuch verwendet habe. Sogar der Ofen, den Heinz Nyffenegger und ich zusammen konstruiert haben, scheint noch der Gleiche zu sein.



Links das Bild aus [11], rechts ein Bild meines Austreibungsversuchs

3.9 Stand der Technik für die Emissionsminderungen

3.9.1 Sekundärmassnahmen

Im egra-Bericht wird erwähnt, dass es keine Sekundärmassnahme, das heisst keine Massnahme im Zementprozess gibt, die organischen Emissionen zu begrenzen. Es ist lediglich möglich dass Rohmaterialien bzw. Rohmaterialkomponenten mit erhöhten organischen Gehalten nicht über den Rohmühlenpfad sondern direkt in den „Heissbereich“ des Ofens (z.B. Ofeneinlauf) aufgegeben werden sollen.

Eine Sekundärmassnahme zur Reduktion von organischen Emissionen ist natürlich die Verbesserung der Sekundärverbrennung, was verschwiegen wird.

3.9.2 Reduktionsanlagen

Organische Emissionen können durch SCR-Anlagen bzw. Anlagen mit regenerativer Nachverbrennung reduziert werden. Im Zuge der Absenkung des NO_x-Grenzwertes in Deutschland auf 200 mg/m³ müssen die Zementwerke handeln. 2018 setzten 19 der 34 deutschen Zementwerke mit Klinkerproduktion auf die SCR-Technik, wobei zehn erst in Planung waren. Zudem waren oder sollten drei von ihnen mit einer regenerativen Nachverbrennung (RTO) ausgerüstet werden [20]. Ende 2019 waren schliesslich bundesweit fünfzehn SCR-Anlagen (inkl. RTO) realisiert und weitere fünf befanden sich in Planung [21].

a.) Reduktion über SCR-Anlagen: Im egra-Bericht wird erwähnt, dass bei allen bisher durchgeführten SCR-Projekten TOC-Minderungsraten von 40 bis 70 % erreicht wurden. Nach Meinung könnten tiefe Reduktionsraten, z.B. um 40 %, durch Änderung der Katalysatormaterialien noch gesteigert werden, wenn es in Zementanlagen nötig wird. Das wurde mir auch durch Hersteller versichert.

b.) RTO und DeCONOX-Anlagen: In Österreich wurde im Werk Kirchdorf eine sogenannte DeCONOX-Anlage installiert, welche sowohl NOx, wie auch organische Verbindungen und Kohlenmonoxid reduziert [12]. Bei einem Werksbesuch im Dezember 2018 erklärte mir der Werksvertreter, dass das Werk nachträglich ein Kalzinator ins Ofensystem eingebaut hat um mehr Abfälle zu verbrennen. Dieses Element war aber eine Fehlkonstruktion und erfüllte in keiner Weise die Erwartungen. Die Folge dieses Einbaus waren erhöhte Emissionen von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen. Nach meiner Ansicht ist diese Aussage richtig. Einerseits ist die Luft- und Brennstoffverteilung im Kalzinator wohl ungenügend, aber es macht auch den Anschein, dass das System „überfüttert“ wurde. Es zeigt sich auch in diesem Beispiel wieder klar, dass die Hauptursache der hohen organischen Emissionen die Verbrennung im Kalzinator, d.h. die Sekundärverbrennung, war.

Im ecra-Bericht steht:

Während es über die RTO erste Betriebserfahrungen aus einem Zementwerk in Österreich gibt, liegen über die Anwendungen des DeCONOX-Verfahrens Ergebnisse von zwei Anlagen in Österreich und zwei in Deutschland vor. In allen Fällen wird berichtet, dass durch die Anwendung dieser Verfahren ein sehr niedriges Emissionsniveau erreichbar ist, so dass z.B. der Grenzwert der IED (Anmerkung: 10 mg/m³) erreicht werden könnte (Anmerkungen: Nach meinen Informationen kann). ... Längerfristige Betriebserfahrungen gibt es nur aus dem österreichischen Werk Kirchdorf. Daher sind diese Verfahren noch weit entfernt, als Stand der Technik oder als BAT (Anmerkung: Best Available Technique) in der Zementindustrie zu gelten.

Diese Ansicht des VDZ bzw. der ecra kenne ich seit Jahren. Auch SNCR-Anlagen wurden erst Stand der Technik bzw. BAT schon solche Anlagen installiert waren. Ich erinnere mich noch an das Votum beim VDZ als ich die ersten SNCR-Versuche in Deutschland und der Schweiz machte und sogar die ersten Versuchsanlagen in zwei Schweizer Werken standen: „Herr Waltisberg, solche Anlagen werden in Deutschland nie installiert. Sie werden auch nie BAT!“

Meine Meinung:

Es ist an der Zeit, dass auch die Schweizer Zementwerke ihre NOx- und NH₃-Emissionen durch entsprechende Anlagen (SCR/DeCONOX) senken. Nach meiner Meinung ist die weitere Absenkung über die SNCR-Anlagen nicht mehr möglich, das beweisen auch die teilweise sehr hohen Ammoniak-Emissionen.

Werk	Jahresmittelwert	
	2017	2018
Holcim Siggenthal	458	443
Holcim Untervaz	398	292
Holcim Eclépens	366	360
Jura Wildegg	316	321
Jura Cornaux	257	219
Vigier Péry	410	353

Die Reduktion der organischen Verbindungen sollte also zusammen mit der Reduktion von Stickoxiden und Ammoniak erfolgen.

- SCR-Anlagen können teilweise die organischen Verbindungen reduzieren, nicht aber Kohlenmonoxid (CO).
- Kombinierte Anlagen, welche die SCR-Technik mit der RTO-Technik kombinieren (z.B. DeCONOX), sind in der Lage organische Verbindungen und auch Kohlenmonoxid recht drastisch zu reduzieren.

5. Forderung nach einer Änderung der Luftreinhalteverordnung

Für die Zementwerke in der Schweiz installiert sind, fordere ich eine Abänderung der Bestimmungen über die organischen Emissionen in der Schweizer Luftreinhalteverordnung. Diese Forderung wird begründet durch die Untersuchungen der Emissionen (2014 bis 2018) der Schweizer Zementwerke [13, 14], sowie meinen Ausführungen in diesem Bericht.

Wenn einmal SCR- oder DeCONOX-Anlagen in der Schweiz installiert sind und Emissionen aus der Sekundärverbrennung oder aus abfallbasierten Rohmaterialien verboten werden, dann bin ich der Ansicht, dass der Grenzwert von 10 mg/m^3 in der Regel eingehalten werden kann. Das krebserzeugende Benzol kann dann auch deutlich reduziert werden und zwar deutlich unter den heute gültigen Grenzwert 5 mg/m^3 .

In der nächsten Revision der Luftreinhalteverordnung (2021) sollten verschiedenen Änderungen der Bestimmungen vorgenommen werden, damit verhindert wird, dass aus Abfällen, welche in Zementwerken eingesetzt werden, organische Verbindungen emittiert werden. Dies entspricht den Regelungen aller unserer Nachbarstaaten und ist auch in der Europäischen IEP [06] so geregelt.

- Grenzwert für TOC:
 1. Der Grenzwert für die Emission von TOC von heute 80 mg/m^3 muss neu definiert werden. Ich schlage vor, dass für jedes Zementwerk in der Schweiz ein individueller Grenzwert durch die Behörden definiert wird.
 2. Das Emissionsniveau der organischen Emissionen aus den natürlichen Rohmaterialien ist durch entsprechende Laboruntersuchungen (vgl. 3.8) festzulegen. Der Grenzwert muss maximal 30% über dem im Labor gemessenen Emissionsniveau definiert werden.
 3. Abfallbasierte Rohmaterialien dürfen nur eingesetzt werden, wenn durch Laborversuche nachgewiesen wird, dass keine gefährlichen organischen Verbindungen emittiert werden.

- Grenzwert für Benzol:
 1. Der Grenzwert für Benzol von 5 mg/m^3 ist beizubehalten.
 2. Die kontinuierliche Benzolmessung ist für alle Zementwerke verbindlich zu erklären. Bei der Bestimmung in Anhang 2, Ziffer 119 ist der Satzteil „als Rohmaterial einsetzt“ zu streichen.
 3. Das Minimierungsgebot (LRV, Art 82) muss auch weiterhin für Zementwerke gelten.

- Grenzwert für Kohlenmonoxid:
 1. Für die Kohlenmonoxid-Emission ist für alle Zementwerke ein individueller Grenzwert für den Tagesmittelwert zu definieren.
(Bestimmungen für den Stundenmittelwert gelten nicht)
 2. Das Emissionsniveau der organischen Emissionen aus den natürlichen Rohmaterialien ist durch entsprechende Laboruntersuchungen (vgl. 3.8) festzulegen. Der Grenzwert darf maximal 30% über dem festgestellten Emissionsniveau liegen.

Weitere Forderung ausserhalb der Luftreinhalteverordnung:

Die jährlich gemessenen Emissionswerte jedes Zementwerks sind zu veröffentlichen, z.B. durch die cemsuisse.

- Anforderungen für kontinuierliche gemessene Komponente:
 - Jedes Jahr sollen die Anzahl der gemessenen Tagesmittelwerte, der daraus berechnete Jahresmittelwert.
 - Auf Anfrage sind sämtliche Tagesmittelwerte kostenlos dem Antragsteller bekanntzugeben (z.B. Excel-Sheet)
 - Für jede gemessene Komponente ist anzugeben, wie viele Tagesmittelwerte den Grenzwert übersteigen.
 - Für jede gemessene Komponente ist anzugeben, wie viele Stundenmittelwerte den doppelten Grenzwert überschreiten.
- Anforderungen an nicht kontinuierlich gemessene Komponenten, die in der Regel einmal jährlich bestimmt werden.
 - Es ist die Anzahl der gemessenen Werte jeder Messkomponente anzugeben.
 - Der höchste gemessene Wert muss angegeben werden, wenn dieser Wert kleiner ist als der Grenzwert.
 - Übersteigen gemessene Werte den Grenzwert, so sind alle gemessenen Werte anzugeben.

Unterschrift und Adresse des Autors

Dipl. Ing. ETH
Eichhaldenweg 23
CH-5113 Holderbank

Literatur

- [01] V. Hoenig, H. Hoppe
Einschätzung des Stands der Technik bezüglich Emissionsreduktionen in der Zementindustrie in der Schweiz und in den Nachbarländern
Technischer Bericht, ecra, 26.09.2019
bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/externe-studien-berichte/einschaetzung-des-stands-der-technik-bezueglich-emissionsreduktionen-in-der-zementindustrie-in-der-schweiz-und-in-den-nachbarlaendern.pdf
- [02] Schweizer Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985, Stand 1. Juni 2018
- [03] Erläuterungen zur Totalrevision der Technischen Verordnung über Abfälle TVA, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEC) – Bundesamt für Umweltschutz (BAFU); Referenz/Aktenzeichen N185-0625
- [04] Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA) vom 4. Dezember 2015 (Stand am 1. Januar 2018)
- [05] Arbeitsanweisung zur Durchführung von Ausgasungsversuchen für Ersatzrohstoffe zur Bestimmung des Gehaltes an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC); 2. Ausgabe November 2018
Umweltbundesamt GmbH, Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich
- [06] Europa: Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen (Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung - „IED / IE-Richtlinie“)
- [07] Deutschland: Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen - 17. BImSchV); Version vom 02.05.2013
- [08] Deutschland: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002

- [09] Verein Deutscher Zementwerke (VDZ)
Umweltdaten der deutschen Zementindustrie
(erscheint jährlich mit den Daten des Vorjahres)
- [10] Österreich: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministers für Wirtschaft, Familie und Jugend über die Verbrennung von Abfällen (Abfallverbrennungsordnung – AVV)
- [11] Österreich: Umweltbundesamt
Arbeitsanweisung zur Durchführung von Ausgasungsversuchen
2. Ausgabe November 2018
- [12] Das DeCONOX-Verfahren – ein Beispiel für fortschrittliche Abgasreinigungstechnik in der österreichischen Zementindustrie
Cement International – 2/18 Bol.16
- [13] Josef Waltisberg
Die neuen Vorschriften über die organischen Emissionen in der Schweizer Luftreinhaltungsverordnung (Version 2016) – Eine gefährliche Regelung für die Umwelt
Webseite „Waltisberg.com“, Nr. 201-2018
- [14] Josef Waltisberg
Das Problem der Emissionen von organischen Verbindungen insbesondere von Benzol und Dioxinen
Webseite „Waltisberg.com“, Nr. 204-2020
- [15] Josef Waltisberg
Laborversuch zur Bestimmung der Emissionen von organischen Substanzen aus Zementrohstoffen
ZKG International, 11/19989, Seiten 593 – 599; Webpage „Waltisberg.com“, Nr. 501-1998
- [16] Josef Waltisberg, R. Weber
Entsorgung von abfallbasierten Brennstoffen und Rohmaterialien in Zementwerken in Deutschland und der Schweiz -- Was kann man für die globale Mitverbrennungspraxis und -politik lernen?
(Dieser Artikel ist am 10.02.2020 in Emerging Contaminants 6 /2020 Seiten 93-102 in Englischer Sprache publiziert worden. Dies ist die deutsche Übersetzung zu finden auf der Webpage „Waltisberg.com“, Nr. 205d-2020; englische Version: 205e-2020)

- [17] Harald Schönberger, Josef Waltisberg
Einfluss der Mitverbrennung von Abfällen in deutschen Zementwerken auf die Abgasemission
Energie aus Abfall, Band 11, TK Verlag Karl Thomé-820 Kozmiensky, 2014, ISBN 978-3-944310-06-0.
Webpage „Waltisberg.com“, Nr. 301-2014
- [18] Stefanie Garcia Lainez
Siggenthal-Würenlingen; So recycelt Holcim Schlamm
Artikel der Aargauer Zeitung vom 09.04.2020
- [19] Josef Waltisberg
So recycelt Holcim Schlamm; Brief an den Stephan Attiger, Regierungsrat des Kanton Aargau, an zwei Herren des Umweltamtes des Kantons Aargau und an die Redaktion der Aargauer Zeitung
(Wird auf meiner Homepage „waltisberg.com“ mit der Nummer 206-2020 demnächst veröffentlicht)
- [20] B. Haegermann
NOx Abatement in the German Cement Industry, International VDZ Congress 2018, Düsseldorf, 26.- 28.09.2018
- [21] VDZ-Webseite, Verein Deutscher Zementwerke e.V., Düsseldorf
(siehe: <http://www.vdz-online.de>)