



20. Oktober 2021

---

# **Erläuterungen zur Änderung der Luftreinhalte-Verordnung (LRV)**

Verordnungspaket Umwelt Herbst 2021

---

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
1.1	Zementwerke.....	3
1.2	Heizkessel für feste Brennstoffe.....	4
2	Grundzüge der Vorlage .....	5
2.1	Zementwerke.....	5
2.1.1	Stickoxide und Ammoniak.....	5
2.1.2	Gasförmige organische Verbindungen.....	5
2.1.3	Schwefeloxid und Staub.....	6
2.1.4	Abfallverordnung .....	6
2.2	Heizkessel für feste Brennstoffe.....	6
2.3	Aufhebung einzelner Artikel und Ziffern .....	6
3	Verhältnis zum internationalen Recht.....	7
4	Erläuterungen zu den einzelnen Bestimmungen.....	8
4.1	Zementwerke.....	8
4.1.1	Anhang 2 Ziffer 112: Stickoxide und Ammoniak .....	8
4.1.2	Anhang 2 Ziffer 113: Schwefeloxide .....	9
4.1.3	Anhang 2 Ziffer 114: Gasförmige organische Verbindungen .....	9
4.1.4	Anhang 2 Ziffer 115: Staub .....	11
4.1.5	Anhang 2 Ziffer 119: Überwachung .....	11
4.1.6	Übergangsbestimmungen zur vorliegenden LRV-Änderung.....	12
4.2	Heizkessel für feste Brennstoffe.....	12
4.2.1	Anhang 3 Ziffer 523: Wärmespeicher .....	12
4.2.2	Anhang 3 Ziffer 524: Kontrolle von Holzfeuerungen .....	13
4.3	Aufhebung einzelner Artikel und Ziffern .....	13
4.3.1	Artikel 19a .....	13
4.3.2	Artikel 3, 20, 20a, 20d, 20e, 36, 37 und 42a .....	13
4.3.3	Anhang 4 Ziffern 211 und 23.....	13
4.4	Inkrafttreten .....	13
5	Änderung anderer Erlasse.....	14
5.1	Bemerkung zur Vernehmlassung vom 14. März bis 21. Juni 2019 zur VVEA-Änderung.....	14
6	Auswirkungen .....	15
6.1	Auswirkungen auf den Bund .....	15
6.2	Auswirkungen auf die Kantone und die Gemeinden .....	15
6.3	Auswirkungen auf die Wirtschaft.....	15
6.4	Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit.....	17

## 1 Einleitung

Nach Artikel 11 des Umweltschutzgesetzes (USG; SR 814.01) sind Emissionen im Rahmen der Vorsorge so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Diesem Grundsatz folgend richten sich die Emissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung (LRV; SR 814.318.142.1) nach dem Stand der Technik. Wenn der technische Fortschritt es ermöglicht, die Schadstoffemissionen von stationären Anlagen zu verringern, sollen die entsprechenden Grenzwerte in der LRV angepasst werden. Damit stellt die Verordnung sicher, dass die beste verfügbare Technik bei der Erstellung neuer Anlagen und nach einer Übergangszeit auch bei bestehenden Anlagen eingesetzt wird. Dies führt zu einer fortschreitenden Verringerung des Schadstoffausstosses in die Luft.

### 1.1 Zementwerke

Gleichzeitig mit der Änderung der Abfallverordnung (VVEA; SR 814.600) vom 4. Dezember 2015 passte der Bundesrat letztmals die Vorschriften für Zementwerke in der LRV an. Unter anderem wurden der Stickoxid-Grenzwert von 800 auf 500 mg/m<sup>3</sup> abgesenkt und anlagenspezifische Grenzwerte für weitere Schadstoffe wie gasförmige organische Stoffe, Staub, Schwermetalle oder Dioxine und Furane eingeführt.

Die schweizerische Zementindustrie und die Standortkantone (AG, BE, GR, NE, VD) der sechs Werke erneuerten parallel zur LRV-Revision von 2015 eine seit 1998 existierende Branchenvereinbarung<sup>1</sup> zur weitergehenden Reduktion der Stickoxid-Frachten aus diesen Anlagen. Die überarbeitete Vereinbarung, welche gleichzeitig mit der revidierten LRV am 1. Januar 2016 in Kraft trat und bis Ende 2021 gilt, sieht einen Absenkpfad vor, der dazu führt, dass die Zementwerke ab dem 1. Januar 2020 im gesamtschweizerischen Branchenmittel höchstens noch 400 mg Stickoxide pro m<sup>3</sup> ausstossen dürfen. Die Vertragspartner hielten in der Vereinbarung fest, im Jahr 2020 den Stand der Technik bezüglich Stickoxidsminderungen überprüfen zu wollen. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) wirkte bei der Erarbeitung der Branchenvereinbarung mit und unterstützt diese.

Am 29. September 2016 reichte der damalige Nationalrat Philipp Hadorn die Motion «Reduktion von Stickoxiden» (16.3827)<sup>2</sup> ein. Der Bundesrat sollte beauftragt werden, den Grenzwert für Stickoxide bei Zementwerken ab dem 1. Januar 2019 auf maximal 200 mg/m<sup>3</sup> festzulegen. Der Motionär begründete dies damit, dass ein solcher Wert auch in Deutschland gelte und dass es für Zementwerke möglich sei, diesen Wert mittels der SCR-Technik<sup>3</sup> einzuhalten. Dies sei insbesondere deshalb wichtig, weil Zementwerke zunehmend Abfälle wie Altöl, Pneus, Plastik, Lösungsmittel sowie verschmutztes Aushubmaterial verbrennen würden und sich zu eigentlichen Abfallentsorgungsanlagen gewandelt hätten. Im Gegensatz zu Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) müssten Zementwerke jedoch einen deutlich weniger strengen Stickoxidgrenzwert einhalten.

Der Bundesrat beantragte die Ablehnung der Motion Hadorn (16.3827). In seiner Stellungnahme begründete der Bundesrat, dass im Zuge der Vorarbeiten zur LRV-Revision vom 4. Dezember 2015 eine stärkere Absenkung des Grenzwerts geprüft worden sei. Die Schlussfolgerungen der Europäischen Kommission zu den besten verfügbaren Techniken in der Zementherstellung von 2013 (BvT-Schlussfolgerungen 2013)<sup>4</sup> hätten jedoch festgehalten, dass für

<sup>1</sup> [NO<sub>x</sub>-Branchenvereinbarung mit der Zementindustrie](#) für die Periode vom 1. Januar 2017 bis 31. Dezember 2021

<sup>2</sup> [Motion 16.3827: Reduktion von Stickoxiden](#), eingereicht am 29. September 2016

<sup>3</sup> SCR = Selective Catalytic Reduction: Verfahren zur Rauchgasentstickung mittels Ammoniak oder Harnstoff unter Verwendung eines Katalysators

<sup>4</sup> 2013/163/EU: Durchführungsbeschluss vom 26 März 2013 der Kommission über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BvT) [...] in Bezug auf die Herstellung von Zement, Kalk und Magnesiumoxid, ABl. L 100 vom 9.4.2013, S. 1

die Anwendbarkeit von SCR-Systemen in Zementwerken eine Weiterentwicklung des Verfahrens notwendig sei. Zudem verfügten in Deutschland nur drei Zementwerke über SCR-Anlagen (Stand 2016), von denen es sich bei zweien um staatlich geförderte Pilotprojekte handle. Vor diesem Hintergrund wollte der Bundesrat der Schweizer Zementbranche zum damaligen Zeitpunkt keine tieferen Grenzwerte vorschreiben, kündigte aber an, eine weitere Absenkung im Jahr 2020 neu beurteilen zu wollen. Der Nationalrat folgte dem Bundesrat und lehnte die Motion Hadorn (16.3827) am 8. März 2018 ab.

Als Vorbereitung für die vorliegende LRV-Revision hat das BAFU Abklärungen zum Stand der Technik und zu Kosten und Nutzen von Emissionsminderungen in der Zementindustrie vorgenommen. Aufgrund dieser Erkenntnisse sollen nun die Luftschadstoffgrenzwerte für Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Schwefeloxide (SO<sub>x</sub>), flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Staub (PM) gesenkt sowie Ammoniak (NH<sub>3</sub>) kontinuierlich gemessen werden.

Gleichzeitig mit der LRV soll auch der Grenzwert in der VVEA für Benzo[a]pyren (B(a)P) geändert werden. Dieser Grenzwert gilt für Abfälle, die als Rohmaterialien in der Herstellung von Zementklinker eingesetzt werden. Dieser Änderungsvorschlag der VVEA war bereits Teil des Verordnungspakets Umwelt Frühling 2020<sup>5</sup>, welches vom 14. März bis 21. Juni 2019 in der Vernehmlassung war. Aus Gründen der thematischen Zusammengehörigkeit wurde diese die Zementindustrie betreffende Änderung der VVEA aus dem Verordnungspaket 2020 ausgekoppelt und in die vorliegende Revision der LRV als Teil des Verordnungspakets Umwelt Herbst 2021 integriert.

## 1.2 Heizkessel für feste Brennstoffe

Mit der LRV-Revision vom 11. April 2018<sup>6</sup> hat der Bundesrat Massnahmen beschlossen, die auf die Verringerung der Staubemissionen aus Holzfeuerungen abzielen. Unter anderem wurden in Anhang 3 Ziffer 523 LRV Vorgaben für das Mindestvolumen von Wärmespeichern bei Holzheizkesseln bis 500 kW Nennwärmeleistung eingeführt. Diese Vorschrift soll jetzt auch auf Wärmespeicher bei grösseren Feuerungen mit über 500 kW Nennwärmeleistung erweitert werden.

---

<sup>5</sup> <https://www.admin.ch/ch/d/gg/pc/ind2019.html#UVEK> > Verordnungspaket Umwelt Frühling 2020

<sup>6</sup> [Medienmitteilung zur LRV-Revision vom 11.4.2018](#)

## 2 Grundzüge der Vorlage

---

### 2.1 Zementwerke

Als Grundlage für die vorliegende LRV-Revision hat das BAFU zusammen mit der cemsuisse im Jahr 2019 eine Studie bei der European Cement Research Academy GmbH (ECRA) in Auftrag gegeben. Darin wurden die Vorschriften für Zementwerke in der Europäischen Union – insbesondere in den Nachbarländern der Schweiz – dargestellt und der Stand der Technik in Bezug auf Emissionsreduktionen eingeschätzt (ECRA-Studie 2019)<sup>7</sup>. Die Studie behandelt Minderungsmöglichkeiten für die Luftschadstoffe Stickoxide und Ammoniak, gasförmige organische Verbindungen und Staub und diskutiert sowohl technische als auch ökonomische Aspekte.

#### 2.1.1 Stickoxide und Ammoniak

Auf europäischer Ebene legt die Industrieemissions-Richtlinie 2010/75/EU (IED) für Zementwerke einen Stickoxidgrenzwert von 500 mg/m<sup>3</sup> fest. Dieser Wert entspricht dem oberen Wert in den BvT-Schlussfolgerungen 2013, welche bei der Festlegung des LRV-Grenzwerts bei der Revision vom 4. Dezember 2015 massgebend berücksichtigt wurden. Insbesondere aufgrund der Tatsache, dass die deutsche 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung (17. BImSchV) seit 2019 den Grenzwert für Stickoxide mit 200 mg/m<sup>3</sup> deutlich tiefer ansetzt, muss die Einschätzung des Stands der Technik revidiert werden. Die Erfahrungen aus Deutschland und aus einzelnen Werken in Italien und Österreich zeigen, dass ein solcher Wert zuverlässig eingehalten werden kann. Aus diesem Grund soll auch in der Schweiz ein Stickoxidgrenzwert von 200 mg/m<sup>3</sup> eingeführt werden. Da die sechs Zementwerke in der Schweiz für rund 3.5 Prozent der gesamtschweizerischen Stickoxidemissionen verantwortlich sind, ist diese Absenkung relevant für die Luftqualität.

Aktuell kommt in der Zementindustrie der allgemeine NH<sub>3</sub>-Grenzwert aus Anhang 1 LRV zur Anwendung. Zusammen mit dem Stickoxidgrenzwert sollen die Emissionen von Ammoniak bei Zementwerken neu ebenfalls in Anhang 2 LRV geregelt werden, unter anderem auch deshalb, weil sie künftig kontinuierlich überwacht werden sollen.

#### 2.1.2 Gasförmige organische Verbindungen

Emissionen von gasförmigen organischen Verbindungen entstehen bei der Klinkerproduktion in erster Linie aus dem natürlichen Rohmaterial. Die im Kalkstein und Mergel enthaltene organische Substanz wird bei der Erwärmung des Rohmehls freigesetzt und als VOC emittiert. Die Emissionen eines Zementwerks hängen deshalb stark von der Zusammensetzung der Rohstoffe aus dem vorhandenen Steinbruch ab. Zwar ist es aus Gründen der Verringerung der Kohlendioxidemissionen und aus Sicht der Kreislaufwirtschaft wünschenswert, dass in Zementwerken Abfälle und kontaminiertes Erdreich aus Bodensanierungen als Brennstoff- und Rohmaterialersatz eingesetzt werden können. Dies sehen sowohl die VVEA wie auch die LRV vor. Jedoch muss bei der Verwendung solcher Stoffe ein besonderes Augenmerk auf die daraus möglicherweise resultierenden Emissionen an VOC gerichtet werden. Die Zugabe von mit organischen Verbindungen belastetem alternativem Rohmaterial kann zu einem Anstieg der Emissionen führen, wenn dieses zusammen mit dem Rohmehl über den Rohmaterialpfad in den Klinkerbrennprozess geführt wird.

Mit der LRV-Revision vom 4. Dezember 2015 wurde ein VOC-Grenzwert von 80 mg/m<sup>3</sup> in der LRV eingeführt. Die Erfahrungen der letzten Jahre zeigen, dass die VOC-Emissionen durch den vermehrten Einsatz von alternativem Rohmaterial bei einzelnen Anlagen angestiegen

---

<sup>7</sup> Technical Report A-2019/1789: [Einschätzung des Stands der Technik bezüglich Emissionsreduktionen in der Zementindustrie in der Schweiz und in den Nachbarländern](#), ECRA im Auftrag des BAFU und von cemsuisse, 2019

sind. In Europa ist in der IED mit  $10 \text{ mg/m}^3$  ein deutlich tieferer Wert für VOC vorgeschrieben. Allerdings ist dort die Möglichkeit für werksspezifische Ausnahmen vorgesehen, wenn die Emissionen nicht durch die Mitverbrennung von Abfällen entstehen. Mit der vorliegenden Revision soll deshalb in der LRV von einem fixen, vergleichsweise hohen VOC-Grenzwert abgesehen werden zugunsten einer variablen, werksspezifischen Lösung, welche den Gehalt organischen Materials im natürlichen Rohmaterial des jeweiligen Standorts berücksichtigt.

### **2.1.3 Schwefeloxid und Staub**

Der Schwefeloxidgrenzwert soll von heute  $500 \text{ mg/m}^3$  auf  $400 \text{ mg/m}^3$  abgesenkt werden. Die Schwefeloxidemissionen haben seit Mitte der 1980er-Jahre dank erfolgreicher Massnahmen wie der Entschwefelung von Brenn- und Treibstoffen massiv abgenommen und sind daher aus Sicht der Luftreinhaltung heute von untergeordneter Bedeutung. Die Immissionen liegen an allen Messstationen in der Schweiz seit längerem deutlich unter dem Immissionsgrenzwert.

Schliesslich soll auch der aktuelle Staubgrenzwert von  $20 \text{ mg/m}^3$  auf die Hälfte gesenkt werden. Es handelt sich ebenfalls um eine Anpassung an den Stand der Technik. Es ist zu bemerken, dass alle Zementwerke bereits heute deutlich tiefere Staubemissionen aufweisen, insofern hat diese Massnahme keine Auswirkung auf die Luftqualität.

### **2.1.4 Abfallverordnung**

Eine Erhöhung des B(a)P-Grenzwerts in der VVEA für Abfälle, die als Rohmaterial in der Zementherstellung eingesetzt werden, ist ebenfalls Teil der Vorlage. Der Wert soll angepasst werden, weil in der VVEA bei der Grenzwertfestlegung typischerweise ein bestimmtes Verhältnis zwischen dem B(a)P-Gehalt und dem gesamten Gehalt an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in den betreffenden Abfällen zugrunde gelegt wird. Der neue Wert widerspiegelt dieses Verhältnis besser.

## **2.2 Heizkessel für feste Brennstoffe**

Bei automatischen Holzheizkesseln führt das Vorhandensein eines Wärmespeichers dazu, dass die Feuerungen bei längeren Betriebslaufzeiten mit weniger Starts, Stopps und Glutbettunterhaltsphasen betrieben werden können. Bei handbeschickten Holzheizkesseln wird ein Speicher benötigt, um die gesamte während eines Abbrandvorganges erzeugte Wärmemenge abnehmen zu können. Solche Kessel sind nämlich nur bedingt teillastfähig und es kann vorkommen, dass die tatsächlich erzeugte Wärmemenge grösser ist als die momentan vom Verbraucher benötigte. Die überschüssige Wärme kann dann in den Speicher fliessen. Die Betriebsweise mit einem Speicher verringert die Emissionen der Feuerung, steigert den Wirkungsgrad und verringert Verschleiss und Wartungsaufwand von Kessel und Feinstaubabscheider.

Bei der LRV-Revision vom 11. April 2018 wurden Vorschriften für die Dimensionierung des Speichervolumens bei Holzheizkesseln bis 500 kW Nennwärmeleistung eingeführt. Auf eine Speicherregelung für grössere Feuerungen wurde verzichtet unter der Annahme, das ökonomische Interesse der Betreiber an einem optimalen Betrieb der Anlage würde zur Installation eines Speichers mit angemessenem Volumen führen. Erfahrungen aus dem Vollzug zeigen nun, dass diese Annahme nicht immer zutrifft. Die bestehende Speicherregelung in der LRV soll deshalb um eine Vorschrift auch für Anlagen über 500 kW Nennwärmeleistung erweitert werden.

## **2.3 Aufhebung einzelner Artikel und Ziffern**

Es sollen einzelne Artikel sowie Ziffern in Anhang 4 aufgehoben werden, die obsolet geworden sind.

---

### **3 Verhältnis zum internationalen Recht**

---

Die Festlegung von Grenzwerten für Zementwerke sowie die Speichervorschriften für Heizkessel für feste Brennstoffe in der LRV betreffen europäisches oder internationales Recht nicht. Dasselbe gilt für den in der VVEA geregelten B(a)P-Grenzwert für Abfallrohstoffe, welche in Zementwerken eingesetzt werden.

## 4 Erläuterungen zu den einzelnen Bestimmungen

### 4.1 Zementwerke

#### 4.1.1 Anhang 2 Ziffer 112: Stickoxide und Ammoniak

Um die Emissionen von Stickoxiden aus Anlagen zu verringern, bestehen verschiedene Möglichkeiten. Mittels sogenannter Primärmassnahmen kann erreicht werden, dass im Verbrennungs- oder Produktionsprozess die Konzentration an entstehenden Stickoxiden möglichst gering gehalten wird. Dazu gehören beispielsweise ein möglichst gleichmässiger Ofenbetrieb oder eine  $\text{NO}_x$ -arme Feuerungstechnik. Damit sind im Normalfall aber keine Stickoxidkonzentrationen im Abgas von weniger als  $500 \text{ mg/m}^3$  erreichbar, oft liegen die Konzentrationen über  $1000 \text{ mg/m}^3$ . In solchen Fällen kommen sogenannte Sekundärmassnahmen zum Zug. Zu nennen sind hier das SNCR-<sup>8</sup> oder das eingangs bereits erwähnte SCR-Verfahren.

In allen Schweizer Werken werden Primär- und in fünf von sechs Anlagen auch Sekundärmassnahmen angewendet. Abgesehen vom Zementwerk in Cornaux, bei dem es sich um einen sogenannten Lepolofen handelt, sind SNCR-Systeme installiert. Das Werk Cornaux hält den aktuell gültigen LRV-Grenzwert wie auch die Vorgaben der  $\text{NO}_x$ -Branchenvereinbarung ohne Sekundärmassnahmen problemlos ein.

Seit dem 1. Januar 2019 müssen die Zementwerke in Deutschland gemäss der 17. BImSchV einen Stickoxidgrenzwert von  $200 \text{ mg/m}^3$  einhalten. Wie in der oben erwähnten ECRA-Studie 2019 ausgeführt ist, einigte sich die deutsche Zementindustrie mit den Behörden auf sogenannte Massnahmenpläne. Diese erlaubten eine gestaffelte Umsetzung der Anforderungen der Verordnung, da die Vorschrift Investitionen und Baumassnahmen für Sekundärmassnahmen erforderlich machte. Bis Ende des Jahres 2019 waren gemäss «Umweltdaten der Deutschen Zementindustrie 2019» in Deutschland 17 SCR-Anlagen installiert<sup>9</sup>, weitere befanden sich in Planung oder im Bau. Aufgrund der Vielzahl von produktiven Anlagen wird in Deutschland das SCR-Verfahren mittlerweile klar als Stand der Technik angesehen, auch wenn sich dies in den aus dem Jahr 2013 stammenden BvT-Schlussfolgerungen der EU noch nicht widerspiegelt.

Aus diesem Grund soll nun auch in der Schweiz für Zementwerke ein Stickoxidgrenzwert von  $200 \text{ mg/m}^3$  in der LRV vorgeschrieben werden. Wenn ein solcher Wert alleine mit dem SNCR-Verfahren erreicht werden soll, besteht die Gefahr eines Anstiegs der Ammoniakemissionen. Grund dafür ist, dass das für die Umwandlung von Stickoxiden zu Luftstickstoff ( $\text{N}_2$ ) erforderliche Reduktionsmittel (Ammoniak oder Harnstoff) dem Abgasstrom in deutlich erhöhter Konzentration zugegeben werden muss. Dieser sogenannte Ammoniak-Schlupf ist unerwünscht, da er zu einer zusätzlichen Belastung der Luft führt.

Bis anhin kam zur Limitierung der Ammoniakemissionen aus Zementwerken der allgemeine Grenzwert von  $30 \text{ mg/m}^3$  nach Anhang 1 Ziffer 62 LRV zur Anwendung. Dieser Wert umfasst neben Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) auch Ammoniumverbindungen ( $\text{NH}_4^+$ ). Neu sollen die Ammoniakemissionen zusammen mit den Stickoxiden in Anhang 2 Ziffer 11 begrenzt werden. Der Wert soll auf  $30 \text{ mg/m}^3$  festgelegt werden, aber nur noch  $\text{NH}_3$  umfassen. Gegenüber der heute gültigen Regelung stellt dies eine Erleichterung dar, indem die Ammoniumemissionen nicht mehr berücksichtigt werden. Das ist so vorgesehen, weil Geräte zur kontinuierlichen Überwachung von Ammoniak die Ammoniumverbindungen nicht mitmessen (siehe auch Kapitel 4.1.5). In der LRV ist allerdings keine Ausnahmeregelung aufgrund von erhöhten Ammoniakkonzentrationen im natürlichen Rohmaterial vorgesehen, wie dies in Deutschland der Fall ist. Auch für Produktionsphasen, in denen ein Zementwerk im Direktbetrieb betrieben wird, sollen keine

<sup>8</sup> SNCR = Selective Non Catalytic Reduction: Verfahren zur Rauchgasentstickung mittels Ammoniak oder Harnstoff. Im Gegensatz zum SCR-Verfahren kommt kein Katalysator zum Einsatz, was höhere Reaktionstemperaturen erfordert und das Verfahren weniger effizient macht.

<sup>9</sup> [www.vdz-online.de](http://www.vdz-online.de) > Zementindustrie > Zahlen und Daten > Umweltdaten 2019



Ausnahmen vorgesehen werden. Während des Verbundbetriebs (ca. 85 Prozent der Betriebszeit) werden Rohmehlmühle und Drehrohrofen gleichzeitig betrieben und die Ofenabgase werden über die Mühle geleitet. Sie kondensieren dort teilweise aus und die Schadstoffe werden am Rohmehlstaub adsorbiert, was sich emissionsmindernd auswirkt, insbesondere auch bezüglich des Ammoniaks. Im Direktbetrieb hingegen (ca. 15 Prozent der Betriebszeit) werden die Abgase nicht durch die Rohmehlmühle geführt, sondern direkt der Staubabscheidung zugeführt. Dadurch entstehen höhere Ammoniakemissionen, sofern die Abluft nicht zusätzlich behandelt wird.

Aufgrund der neuen Vorschriften für Stickoxide und Ammoniak wird somit die Installation von zusätzlichen Abluftreinigungsanlagen notwendig. Auch mit einem optimierten und effizienteren High-Efficiency-SNCR-System (he-SNCR) dürfte die sichere, gleichzeitige Einhaltung des Stickoxid- und Ammoniakgrenzwerts im Verbund- und Direktbetrieb nicht zu erreichen sein. Abhilfe kann die Installation eines SCR-Systems schaffen. Die Anwendung des Verfahrens in Zementwerken hat sich bewährt und bringt einen grossen Umweltnutzen, indem die Stickoxid- und Ammoniakemissionen deutlich gemindert werden. Ein positiver Nebeneffekt des SCR-Verfahrens ist zudem, dass die zur Anwendung kommenden Katalysatoren eine Verminderung der VOC-Emissionen bewirken (siehe Kapitel 4.1.3). So hält der Verein Deutscher Zementwerke VDZ in der oben erwähnten Publikation der Umweltdaten 2019 fest, dass «[...] SCR-Anlagen neben den Stickoxid- auch die Gesamtkohlenstoffemissionen mitunter deutlich reduzieren».

#### **4.1.2 Anhang 2 Ziffer 113: Schwefeloxide**

Der aktuell in der LRV gültige Grenzwert für Schwefeloxide liegt mit  $500 \text{ mg/m}^3$  oberhalb der in den BvT-Schlussfolgerungen 2013 angegebenen Bandbreite von weniger als 50 bis  $400 \text{ mg/m}^3$ . Die relativ grosse Bandbreite berücksichtigt den Schwefelgehalt der Rohmaterialien, welche zur Zementproduktion eingesetzt werden. Diese beinhalten nebst den bereits erwähnten Kohlenstoff- natürlicherweise auch Schwefelverbindungen. Da die Schwefeloxidemissionen in der Schweiz insgesamt sehr tief sind und die Immissionsgrenzwerte flächendeckend deutlich unterschritten werden, besteht hier kein grosser Handlungsbedarf. Der Grenzwert soll deshalb in der LRV auf höchstens  $400 \text{ mg/m}^3$  begrenzt werden, was dem oberen Wert des BvT-Bereichs entspricht. Es wird eine Formulierung gewählt, die besagt, dass die Emissionen darüber hinaus weiter zu begrenzen sind, soweit dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

#### **4.1.3 Anhang 2 Ziffer 114: Gasförmige organische Verbindungen**

Beim Klinkerbrennprozess werden mit den natürlichen Rohmaterialien auch organische Bestandteile zugegeben, deren Gehalt je nach Lagerstätte und damit von Werk zu Werk stark variieren kann. Diese organischen Komponenten werden im Vorwärmer, über den das Material dem Brennprozess zugeführt wird, freigesetzt und als Kohlenstoffmonoxid oder -dioxid sowie zu einem geringeren Teil als gasförmige organische Verbindungen emittiert. Eine Verringerung der Emissionen ist aufgrund dieser Eintragssituation kaum möglich. Im Gegensatz dazu werden organische Bestandteile aus den Brennstoffen, welche über die Hauptfeuerung aufgegeben werden, aufgrund der hohen Temperaturen und langen Verweilzeiten im Ofen effektiv umgesetzt. Die Verbrennungsbedingungen in der Zweitfeuerung – sofern eine solche vorhanden ist – hängen stark von der Bauart des Vorwärmers ab. Bei optimierten Bedingungen ist das Emissionsverhalten ebenfalls unabhängig von den dort eingesetzten Brennstoffen. Sofern ein Kalzinator mit Tertiärluftleitung vorhanden ist, werden die Verbrennungsbedingungen weiter optimiert. Der Entwurf der VDI-Richtlinie 2094 über die Emissionsminderung in Zementwerken (Stand März 2020)<sup>10</sup> gibt für Drehrohrofenanlagen Konzentrationen an flüchtigen organischen Stoffen im Bereich von 5 bis  $100 \text{ mg/m}^3$  an. Sie stammen weitgehend aus dem über

---

<sup>10</sup> VDI 2094 (Entwurf) – Emissionsminderung Zementwerke, Verein Deutscher Ingenieure VDI, Juli 2019

den Vorwärmer zugegebenen Rohmehl. Um beim Einsatz von alternativen Rohmaterialien mit relevanten Anteilen an organischen Stoffen zusätzliche Emissionen zu vermeiden, ist gemäss der Richtlinie und auch gemäss der BvT-Schlussfolgerungen 2013 darauf zu achten, diese nicht via Rohmaterialpfad, sondern beispielsweise über den Ofeneinlauf oder den Kalzinator zuzugeben. Welche dieser Möglichkeiten in Frage kommen, muss im Einzelfall geprüft werden und hängt sowohl von der technischen Voraussetzung und Ausrüstung in jedem Zementwerk wie auch von der Zusammensetzung und Beschaffenheit des alternativen Rohmaterials ab.

Wie der ECRA-Studie 2019 zu entnehmen ist, sind derzeit noch keine spezifischen Sekundärmassnahmen zur Minderung der VOC-Emissionen in der Zementindustrie als Stand der Technik eingestuft. Grundsätzlich existieren verschiedene Verfahren wie die Regenerative Thermische Oxidation (RTO) in Kombination mit SNCR-Systemen, das sogenannte DeCONOX-Verfahren<sup>11</sup> oder auch Aktivkohlefilter, um die organischen Emissionen zu mindern. Mit solchen Verfahren kann ein tiefes Emissionsniveau erreicht werden. Sie haben aber gemeinsam, dass in Europa erst Erfahrungen aus einigen wenigen Zementwerken vorliegen. Teilweise handelt es sich um Projekte, die durch die Behörden finanziell gefördert wurden.

Erfahrungen mit bisher installierten SCR-Anlagen zur Reduzierung von Stickoxiden (siehe Kapitel 4.1.1) zeigen, dass dabei als Nebeneffekt die VOC-Emissionen ebenfalls gemindert werden. Die organischen Verbindungen werden teilweise an der Oberfläche der Katalysatoren oxidiert und die Gesamtkohlenstoffemissionen konnten in deutschen Zementwerken um 40 bis 70 Prozent verringert werden. Auch das krebserregende Benzol wurde um ca. 50 Prozent verringert. Die Minderungsrate hängt von der Art der Moleküle ab und liegt bei C<sub>1</sub>- und C<sub>2</sub>-Verbindungen nur bei 10 bis 30 Prozent. Methan (CH<sub>4</sub>) wird nicht oxidiert.<sup>10</sup>

Der generelle Grenzwert von 80 mg/m<sup>3</sup> für VOC in der LRV soll künftig durch einen werksspezifischen Grenzwert ersetzt werden, dessen Festlegung durch die Behörde unter Berücksichtigung des Gehalts an organischen Substanzen im Rohmaterial und den daraus resultierenden Emissionen erfolgt. Europaweit gilt aufgrund der Industrieemissionsrichtlinie IED in Zementwerken, in denen Abfälle mitverbrannt werden, ein VOC- bzw. Gesamtkohlenstoffgrenzwert von 10 mg/m<sup>3</sup>. Dort besteht die Möglichkeit zur Genehmigung von Ausnahmen, wenn dies aufgrund des natürlichen Rohmaterials notwendig ist. Zusätzliche Emissionen aufgrund von Abfällen oder aufgrund von alternativem Rohmaterial dürfen dabei nicht entstehen. Die neue Vorschrift der LRV in Ziffer 114 verzichtet darauf, einen Grenzwert von 10 mg/m<sup>3</sup> mit einer Ausnahmeregelung analog Europa festzulegen. Die Schweiz verfügt aktuell nur über sechs Werke in fünf Kantonen und fast alle würden eine Ausnahme aufgrund der natürlichen Rohmaterialien benötigen. Aus diesem Grund soll der Grenzwert in allen Fällen durch die Behörde festgelegt werden.

Mittels sogenannter Austreibungs- oder Ausgasungsversuche wird im Labor anhand mehrerer Stichproben der Gehalt an organischen Verbindungen im Rohmaterial eines einzelnen Standorts bestimmt. Das österreichische Umweltbundesamt hat eine Anleitung zur Durchführung solcher Versuche publiziert.<sup>12</sup> Diese Vorgehensweise wird in Deutschland und Österreich praktiziert und von den zuständigen Behörden akzeptiert. Sie bildet die Grundlage für die Erstellung von Gutachten zu den (natürlichen) rohmaterialbedingten Emissionen, welche von den Zementwerkbetreibern in Auftrag gegeben und den zuständigen Vollzugsbehörden eingereicht werden. Diese legen unter Berücksichtigung der eingereichten Daten einen werksspezifischen Grenzwert fest, der eine Unsicherheitsmarge für natürliche Schwankungen beinhaltet. Die LRV sieht zudem vor, dass ein Wert von 10 mg/m<sup>3</sup> an gasförmigen organischen Verbindungen aufgrund des Einsatzes von Abfällen toleriert werden soll. Der maximale Grenzwert für den Gesamtkohlenstoff darf aber 50 mg/m<sup>3</sup> nicht überschreiten. Diese Anforderungen sind

<sup>11</sup> Das Verfahren kombiniert einen Reingaskatalysator (SCR-System) mit einer RTO. Damit werden hohe Abscheidegrade bei NO<sub>x</sub>, VOC und CO erreicht.

<sup>12</sup> [Arbeitsanweisung zur Durchführung von Ausgasungsversuchen](#), 2. Ausgabe, Umweltbundesamt, 2018

in Ziffer 114 Absatz 3 formuliert. Das detaillierte Vorgehen zur Bestimmung der Emissionen von VOC aus den natürlichen Rohmaterialien soll in einer Empfehlung des BAFU festgelegt werden (Ziffer 114 Absatz 4).

In der Schweiz ist es für Zementwerke vorgeschrieben, die VOC-Emissionen kontinuierlich zu messen (Anhang 2 Ziffer 119 LRV). Bei der Beurteilung der LRV-Konformität einer Anlage kommen die Kriterien nach Artikel 15 Absatz 4 LRV zur Anwendung, wonach u. a. kein Tagesmittelwert den Grenzwert und kein Stundenmittelwert den doppelten Grenzwert überschreiten darf. Die Festlegung des VOC-Grenzwerts muss so erfolgen, dass dessen Einhaltung bei sorgfältiger und vorausschauender Führung des Prozesses realistisch ist.

Damit die Zementwerke weiterhin alternatives und mit organischen Verunreinigungen belastetes Rohmaterial einsetzen können, müssen sie einerseits die Aufgabe der Stoffe in den Ofen optimieren. Andererseits wird die Installation von VOC-mindernden Abluftreinigungsanlagen notwendig. Dies gilt insbesondere auch für Standorte, an denen bereits aufgrund des natürlichen Gehalts an organischen Verbindungen im Rohmaterial ein höherer Wert als der vorgesehene Grenzwert von 50 mg/m<sup>3</sup> erreicht würde. In Frage kommen die erwähnten Abluftreinigungssysteme SCR, RTO/SNCR oder DeCONOX. Im Rahmen einer Studie zur volkswirtschaftlichen Beurteilung (VOBU) der vorgesehenen LRV-Revision hat das BAFU untersuchen lassen, welche dieser Technologien in den Schweizer Werken voraussichtlich zum Einsatz kommen werden. In Kapitel 6 ist dies ausführlicher dargestellt. Sind solche Abluftreinigungssysteme vorhanden, haben die Zementwerke im Rahmen der Vorschriften von Ziffer 114 Absatz 3 weiterhin genügend Spielraum, alternative, mit organischen Schadstoffen belastete Rohmaterialien einzusetzen. Es ist aus Sicht der Abfallwirtschaft und zur Ressourcenschonung vorteilhaft, wenn eine Deponierung solcher Materialien in der Schweiz oder deren Export ins Ausland vermieden werden kann.

#### **4.1.4 Anhang 2 Ziffer 115: Staub**

Die BvT-Schlussfolgerungen 2013 nennen als Stand der Technik für die Minderung von Staubemissionen in der Zementindustrie den Einsatz trockener Abgasreinigungen mit einem Filtersystem. Zur Staubbminderung eignen sich demnach für alle Ofensysteme Elektrofilter, Gewebefilter oder Hybridfilter. Als mit bester verfügbarer Technik verbundenen Emissionsbereich für Staub aus dem Abgas der Ofenfeuerung werden Werte von weniger als 10 bis 20 mg/m<sup>3</sup> angegeben. Für Gewebefilter oder neue bzw. nachgerüstete Elektrofilter ist der untere Wert erreichbar.

In der Schweiz werden bereits heute in allen Zementwerken Gewebefilter eingesetzt. Dies entspricht dem Stand der Technik und damit ist ein Grenzwert von 10 mg/m<sup>3</sup> einhaltbar. Die vorgesehene Senkung des Grenzwerts führt somit nicht dazu, dass die Werke zusätzliche Minderungsmaßnahmen ergreifen müssen.

#### **4.1.5 Anhang 2 Ziffer 119: Überwachung**

Seit dem 1. Januar 2016 schreibt die LRV vor, dass die Gehalte von NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, VOC und Staub im Abgas von Zementwerken kontinuierlich gemessen werden müssen. Darüber hinaus werden bei der Hälfte der Anlagen bereits heute die Ammoniakemissionen laufend aufgezeichnet. Mit der Einführung eines deutlich tieferen Stickoxidgrenzwerts soll nun auch eine kontinuierliche Ammoniakmessung Pflicht werden. Damit soll sichergestellt werden, dass es nicht zu unerwünschtem Ammoniak-Schlupf kommt, wenn die Stickoxidemissionen auf unter 200 mg/m<sup>3</sup> gesenkt werden müssen. Beim Einsatz des SCR- oder des DeCONOX-Verfahrens ist die Einhaltung des Ammoniakgrenzwerts in der Regel kein Problem.

#### **4.1.6 Übergangsbestimmungen zur vorliegenden LRV-Änderung**

In Kapitel 6.3 wird ausgeführt, dass die neu vorgesehenen Grenzwerte für Stickoxide und für VOC den Einsatz von Technologien zur Abgasminderung in den Zementwerken erfordern, die

mit erheblichen Investitionen verbunden sind. Es wird erwartet, dass in allen Werken der Schweiz entweder SCR- oder DeCONOX-Anlagen installiert oder die bestehenden SNCR- mit RTO-Anlagen erweitert werden müssen. Über die Anwendung der SCR-Technologie in Zementwerken liegen breite Erfahrungen aus einer Vielzahl von Werken in Deutschland und vereinzelt auch aus anderen Ländern vor. Zu RTO gibt es erste Betriebserfahrungen aus einem Werk in Österreich. Aktuell wird eine solche Anlage in einem Schweizer Zementwerk installiert, welche im Jahr 2022 in Betrieb gehen soll. Zur Anwendung des DeCONOX-Verfahrens gibt es Erfahrungen aus einigen österreichischen und deutschen Werken.

Die LRV sieht eine ordentliche Sanierungsfrist von 5 Jahren vor für Anlagen, die infolge einer Grenzwertanpassung sanierungspflichtig werden. Im vorliegenden Fall soll den Zementwerken eine verlängerte Sanierungsfrist von 10 Jahren gewährt werden, bis die neuen Grenzwerte eingehalten werden müssen. Voraussetzung dafür ist, dass die Werke die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen nach den bisherigen Bestimmungen gemäss den Anhängen 1 und 2 LRV eingehalten haben. Dies erlaubt es der Branche, die Anforderungen gestaffelt umzusetzen und von den bereits gemachten Erfahrungen profitieren zu können, gerade auch bezüglich der Frage, welche Technologie in einem bestimmten Werk zur Anwendung kommen soll. Damit die Emissionen im Durchschnitt aller Schweizer Zementwerke bereits vor Ablauf der Übergangsfrist abgesenkt werden, soll eine Branchenvereinbarung zwischen cemsuisse und den Standortkantonen erarbeitet werden, welche eine gestaffelte Umsetzung verbindlich regelt.

## 4.2 Heizkessel für feste Brennstoffe

### 4.2.1 Anhang 3 Ziffer 523: Wärmespeicher

Die Wärmespeichervorschriften für Holzfeuerungen bis 500 kW Nennwärmeleistung in Anhang 3 Ziffer 523 LRV sollen auch auf grössere Anlagen ausgedehnt werden. Zu diesem Zweck wird die Ziffer um einen Absatz 2<sup>bis</sup> erweitert, wonach bei Holzheizkesseln über 500 kW Nennwärmeleistung, die der Raumwärme- oder Warmwassererzeugung dienen, ein Wärmespeicher eines Volumens von mindestens 25 Litern pro kW installiert werden soll. Bei anderen Anwendungen, beispielsweise bei der Bereitstellung von Prozesswärme oder bei ausgewiesenem Bandlastbetrieb, kann die Speicherauslegung nach anderen Gesichtspunkten erfolgen und entsprechend kleiner ausfallen, wenn die Anlage auch ohne Speicher emissionsarm betrieben werden kann. In solchen Fällen soll die Speichergrösse durch die Behörde festgelegt werden.

Die Absätze 3 und 4 in Anhang 3 Ziffer 523 erlauben es der Behörde, in begründeten Fällen kleinere Speicher zu bewilligen, als dies in den bestehenden Absätzen 1 und 2 für Feuerungen bis 500 kW Nennwärmeleistung gefordert ist. Diese Ausnahmeregelungen sollen auch für die grösseren Feuerungen nach dem neuen Absatz 2<sup>bis</sup> gelten: So ist es bei Mehrkesselanlagen nicht notwendig, dass der Pufferspeicher auf die Gesamtleistung dimensioniert ist, wenn die einzelnen Feuerungen entsprechend dem Wärmebedarf gestaffelt betrieben werden. Es gibt auch andere technische oder betriebliche Gründe, die es erlauben, kleinere Speicher festzulegen. Zur Vereinfachung sollen die bestehenden Absätze 3 und 4 zu einem neuen Absatz 3 zusammengefasst werden.

Das BAFU hat in Folge der LRV-Revision vom 11. April 2018 ein technisches Dokument mit Empfehlungen zur Dimensionierung von Wärmespeichern bei Holzheizkesseln erarbeiten lassen, welches den Vollzugsbehörden als Hilfestellung und als Leitlinie für die Beurteilung solcher Anlagen bei der Bewilligung dienen kann.<sup>13</sup> Die neu in Absatz 2<sup>bis</sup> vorgesehene Vorschrift ist zurzeit als Dimensionierungsempfehlung in Kapitel 3.3 des besagten Dokuments formuliert.

---

<sup>13</sup> [Grundlagen und Empfehlungen zur Dimensionierung von Wärmespeichern bei Holzheizkesseln](#), Verenum im Auftrag des BAFU, 2019

## **4.2.2 Anhang 3 Ziffer 524: Kontrolle von Holzfeuerungen**

Ab dem 1. Januar 2022 muss beim Inverkehrbringen von serienmässig hergestellten Einzelraumfeuerungen mittels eines Konformitätsnachweises belegt werden, dass sie die Anforderungen an die Emissionen und an die Energieeffizienz gemäss Anhang 1.19 der Energieeffizienzverordnung (EnEV; SR 730.02) erfüllen. Beim Vorliegen eines solchen Nachweises sind die Feuerungen von einer Abnahmemessung ausgenommen. Eine Leistungserklärung oder eine gleichwertige Erklärung des Herstellers nach Artikel 20e LRV wird nicht mehr benötigt (siehe auch Kapitel 4.3.2).

## **4.3 Aufhebung einzelner Artikel und Ziffern**

### **4.3.1 Artikel 19a**

Mit der LRV-Änderung vom 11. April 2018 hat der Bundesrat die Anforderungen an das Inverkehrbringen von Maschinen und Geräten mit Verbrennungsmotor mit denjenigen der EU harmonisiert und die entsprechende Verordnung (EU) 2016/1628 in der Schweiz für verbindlich erklärt (Art. 20b LRV). Seit dem 1. Januar 2020 sind diese Bestimmungen für alle Leistungskategorien in Kraft und gelten auch für Baumaschinen. Somit ist Absatz 2 in Artikel 19a LRV obsolet und kann gestrichen werden.

### **4.3.2 Artikel 3, 20, 20a, 20d, 20e, 36, 37 und 42a**

Seit dem 1. Januar 2020 gelten die Anforderungen für das Inverkehrbringen von Feuerungsanlagen nach Artikel 20 LRV nicht mehr. Sie wurden in den letzten Jahren schrittweise abgelöst durch Vorschriften in den Anhängen 1.15, 1.16, 1.18 und 1.20 der EnEV. Die Artikel 20 und 20a LRV sollen deshalb aufgehoben werden. Die Befristung von Artikel 20 war in Artikel 42a Absatz 1 festgelegt, dieser kann deshalb ebenfalls aufgehoben werden. Die Artikel 20d und 20e LRV zur Inbetriebnahme von Holzfeuerungsanlagen, welche mit der LRV-Änderung vom 11. April 2018 übergangsmässig eingeführt wurden, werden nicht mehr benötigt und können gestrichen werden. In den Artikeln 36 und 37, welche den Vollzug durch den Bund und die Marktüberwachung regeln, kann die Anlagengruppe «Feuerungsanlagen» aus dem Text gestrichen werden, da das BAFU hier keine Marktüberwachungsaufgaben mehr wahrnimmt. Auch in Artikel 3 Absatz 2 Buchstabe c kann der Verweis auf Artikel 20 gestrichen werden.

### **4.3.3 Anhang 4 Ziffern 211 und 23**

Mit der Aufhebung der Artikel 20 und 20a werden die Ziffern 211 und 23 in Anhang 4 LRV obsolet und können aufgehoben werden.

## **4.4 Inkrafttreten**

Die revidierte Verordnung soll am 1. Januar 2022 in Kraft treten.

Für die Zementwerke soll eine verlängerte Sanierungsfrist von 10 Jahren zum Tragen kommen. Es ist deshalb eine entsprechende Übergangsbestimmung vorgesehen.

---

## 5 Änderung anderer Erlasse

---

Anhang 4 Ziffer 1.1 VVEA enthält Grenzwerte für Abfälle, die als Rohmaterial für die Herstellung von Zementklinker verwendet werden. Der Grenzwert für B(a)P beträgt aktuell 3 mg/kg Rohmaterial, derjenige für den gesamten Gehalt an PAK 250 mg/kg. In teerhaltigen Abfällen kommt B(a)P oft in einem bestimmten Verhältnis zum gesamten PAK-Gehalt vor. Bei einer Deponie des Typs E ist in Anhang 5 Ziffer 5.2 VVEA ein Grenzwert für B(a)P von 10 mg/kg festgelegt bei einem maximalen PAK-Gehalt von 250 mg/kg. Es gibt keinen hinreichenden Grund, dem Grenzwert in Anhang 4 Ziffer 1.1 VVEA ein anderes Verhältnis von B(a)P zu PAK zugrunde zu legen, als dies auch bei den Grenzwerten für eine solche Deponie der Fall ist. Der bestehende Grenzwert soll deshalb von 3 auf 10 mg/kg angehoben werden. Weil mit der vorliegenden LRV-Revision strengere Grenzwerte für gasförmige organische Stoffe vorgesehen sind (vgl. Kapitel 4.1.3), wird es insgesamt zu geringeren Belastungen der Luft kommen, auch wenn der VVEA-Grenzwert für B(a)P in alternativem Rohmaterial erhöht wird.

### 5.1 Bemerkung zur Vernehmlassung vom 14. März bis 21. Juni 2019 zur VVEA-Änderung

Die Rückmeldungen zur vorgesehenen Erhöhung des B(a)P-Grenzwerts, die in der Vernehmlassung im Frühling 2019 eingegangen sind, können dem Ergebnisbericht zum Verordnungspaket Umwelt Frühling 2020 entnommen werden<sup>14</sup> (siehe Kapitel 2.3.2.10 im Ergebnisbericht).

---

<sup>14</sup> [Verordnungspaket Umwelt Frühling 2020 – Berichte über die Ergebnisse des Vernehmlassungsverfahrens](#), BAFU, 12.2.2020

## 6 Auswirkungen

---

### 6.1 Auswirkungen auf den Bund

Beim Bund fallen infolge der LRV-Revision keine Aufwände oder Kosten an.

Durch die Erhöhung des VVEA-Grenzwerts für B(a)P in Abfällen, die als Rohmaterial in der Klinkerproduktion eingesetzt werden, entstehen für den Bund als Bauherrn zusätzliche Entsorgungsmöglichkeiten von belastetem Material in Zementwerken. Das kann sich positiv auf die Entsorgungskosten auswirken.

### 6.2 Auswirkungen auf die Kantone und die Gemeinden

Der Aufwand für die kantonalen Luftreinhaltefachstellen der fünf Standortkantone (AG, BE, GR, NE, VD) steigt etwas an, da diese gemäss Anhang 2 Ziffer 114 LRV werkspezifisch einen Grenzwert für die VOC-Emissionen festlegen müssen. Als Basis dienen Gutachten über Laborversuche zur Bestimmung der Emissionen von organischen Substanzen aus den natürlichen Rohmaterialien, welche die Zementwerke den Behörden vorlegen müssen. Abklärungen mit Vertreterinnen und Vertretern der kantonalen Fachstellen im Zuge der Vorbereitung dieser LRV-Revision haben ergeben, dass der Mehraufwand im Rahmen der ohnehin anfallenden Vollzugsaufwände im Bereich der Zementwerke für die Behörden tragbar ist.

Bei der Bewilligung von Holzheizkesseln mit einer Leistung über 500 kW Nennwärmeleistung müssen die kantonalen Fachstellen darauf achten, dass Wärmespeicher vorgesehen sind oder begründet ist, weshalb bei gewissen Anlagen kleinere Speicher bewilligt werden können oder möglicherweise auf einen Speicher verzichtet werden kann. Bei bestehenden Anlagen müssen allenfalls Sanierungen verfügt werden.

Bei den Gemeinden entstehen keine Mehraufwände, da diese weder in den Vollzug bei Zementwerken noch bei Holzfeuerungen mit Leistungen über 500 kW involviert sind.

Wie auch beim Bund entstehen durch die Erhöhung des VVEA-Grenzwerts von B(a)P bei Kantonen und Gemeinden, welche als Bauherren auftreten, zusätzliche Entsorgungsmöglichkeiten, was positive Auswirkungen auf die Entsorgungskosten haben kann.

### 6.3 Auswirkungen auf die Wirtschaft

Die ECRA-Studie 2019, welche als Grundlage für die vorliegende LRV-Revision erstellt wurde, beleuchtet neben technischen auch ökonomische Aspekte und macht allgemeine Aussagen zu den Kosten und zur wirtschaftlichen Tragbarkeit der betrachteten Schadstoffminderungsmassnahmen. Eine vertiefte Kostenbetrachtung wurde in der Studie allerdings nicht vorgenommen.

Im Anschluss an die Vernehmlassung hat das BAFU deshalb die Studie «Volkswirtschaftliche Beurteilung (VOBU) der LRV-Revision 2022 und einer Branchenvereinbarung zur Emissionsminderung bei Zementwerken»<sup>15</sup> erstellen lassen. In der VOBU wurde abgeklärt, welche Umrüstungsmassnahmen zu welchen Kosten in den Schweizer Zementwerken aufgrund der vorgesehenen LRV-Grenzwerte notwendig werden (Szenario LRV). Auch wurden der Umwelt- und Gesundheitsnutzen aufgrund der erwarteten Schadstoffreduktionen berechnet. Die Zementbranche hatte in der Vernehmlassung geltend gemacht, dass die geplanten LRV-Vorschriften wirtschaftlich nicht tragbar seien. Sie hatte sich stattdessen für eine Branchenvereinbarung ausgesprochen. Deshalb wurden in der VOBU auch die Kosten und der Nutzen einer solchen Lösung betrachtet (Szenario BV). Ein Hauptunterschied der beiden Szenarien ist, dass im Szenario LRV die vorgesehenen Grenzwerte im Tages- und Stundenmittel gemäss

---

<sup>15</sup> Volkswirtschaftliche Beurteilung (VOBU) der LRV-Revision 2022 und einer Branchenvereinbarung zur Emissionsminderung bei Zementwerken, Infras und Neosys im Auftrag des BAFU, 27. April 2021

Artikel 15 Absatz 4 LRV eingehalten werden müssen, während sie bei einer Branchenlösung nur im Jahresmittelwert eingehalten würden. Letzteres führt im Durchschnitt zu leicht höheren Emissionen.

Für die Berechnung der Kosten wurde mit den drei Schweizer Zementunternehmen abgeklärt, welche technischen Lösungen sie zu welchen Kosten im einen oder anderen Szenario implementieren würden. Aus Gründen der Vertraulichkeit sind in der Studie keine werkspezifischen, sondern nur zusammenfassende Informationen dargestellt. In den sechs Werken würden demnach folgende Technologien zur Anwendung kommen:

	SCR	RTO/SNCR	DeCONOx
Szenario LRV	1 Werk	1 Werk	4 Werke
Szenario BV	1 Werk	3 Werke	1 Werk

In beiden Szenarien fallen erhebliche Kosten in den Unternehmen an: Im Szenario LRV sind es ab 2027 12.7 Millionen Franken pro Jahr oder 198 Millionen Franken über einen Betrachtungszeitraum von 2021 bis 2041. Im Szenario BV belaufen sich die jährlichen Kosten auf 9.2 Millionen Franken oder 153 Millionen Franken total. Die VOBÜ beziffert den jährlichen Nutzen in beiden Szenarien auf mehr als 50 Millionen Franken (siehe Kapitel 6.4). Ab Umsetzung der Massnahmen liegt der Nutzen um ca. einen Faktor 5 über den in den Unternehmen anfallenden Kosten. Die geplanten Massnahmen sind somit effizient.

Im Rahmen der Studie konnten nicht alle relevanten Aspekte berücksichtigt werden. So führt die Installation der schadstoffmindernden Technologien dazu, dass vermehrt alternative Roh- und Brennstoffe eingesetzt werden können. Dies führt zu erhöhten Einnahmen bzw. verminderten Roh- oder Brennstoffkosten. Nicht zuletzt aus diesem Grund rüstet ein Zementwerk seine Abluftreinigungstechnik bereits heute – vor Inkrafttreten strengerer Grenzwerte – auf eine RTO/SNCR-Lösung um.

Eine wesentliche Erkenntnis der VOBÜ ist, dass die Unternehmen für das von der Branche vorgeschlagene Szenario BV zu beträchtlichen Investitionen bereit sind. Das Szenario LRV führt zwar zu noch etwas höheren Kosten, zeigt jedoch ab 2027 bzw. nach vollständiger Umsetzung der Massnahmen einen höheren Nutzen. (Ab diesem Zeitpunkt entsprechen die jährlichen Mehrkosten dem jährlichen Mehrnutzen.) Es bietet auch weitere Vorteile gegenüber einer Branchenlösung mit Einhaltung der geplanten Grenzwerte nur im Jahresmittel und über die gesamte Branche. So werden mit dem Szenario LRV die Umweltbelastungen an der Quelle und bei allen Zementwerken in gleichem Masse verringert. Dadurch werden lokal unterschiedliche Belastungen in der Umgebung der Werke in den fünf Standortkantonen vermieden. Die Bekämpfung von Umweltbeeinträchtigungen an der Quelle ist ein Merkmal des Vorsorgeprinzips im Umweltschutzgesetz. Die Beurteilung der LRV-Konformität einer Anlage setzt bei kontinuierlich gemessenen Schadstoffen die Einhaltung der Anforderungen nach Artikel 15 Absatz 4 LRV voraus. Demnach müssen die Grenzwerte im Tagesmittel eingehalten werden, während bei den Stundenmitteln eine definierte Anzahl doppelter Grenzwertüberschreitungen toleriert wird. Bei einer auf Jahresmittelwerten basierenden Branchenvereinbarungslösung würden sich hier längerfristig rechtliche Fragen stellen, wenn die Vorschriften nach Artikel 15 Absatz 4 nicht eingehalten würden.

Die Umsetzung der geplanten LRV-Anforderungen wird als technisch machbar und wirtschaftlich tragbar angesehen. Die Einhaltung der künftigen Grenzwerte erfordert die Installation zusätzlicher und komplexer Anlagen und ist mit erheblichen Investitionen verbunden. Es soll deshalb eine 10-jährige Sanierungsfrist gewährt werden, damit eine gestaffelte Umsetzung in den Zementwerken erfolgen kann (siehe auch die Ausführungen in Kapitel 4.1.6).

Die LRV sieht in Artikel 11 vor, dass die Behörde dem Inhaber einer Anlage auf Gesuch hin Erleichterungen gewähren kann, wenn eine Sanierung unverhältnismässig wäre, insbesondere, wenn sie technisch oder betrieblich nicht möglich oder wirtschaftlich nicht tragbar wäre.



Neben den eigentlichen Investitionskosten für solche Minderungseinrichtungen hängt die wirtschaftliche Tragbarkeit bei einem bestimmten Werk auch entscheidend von der Perspektive der Versorgung mit Rohstoffen ab. Dies müsste in Betracht gezogen werden, wenn zum Zeitpunkt des Erlassens einer Sanierungsverfügung die Rohstoffreserven an einem Standort zu knapp wären, um die Investitionskosten in die notwendigen Abgasreinigungstechnologien zu rechtfertigen.

Die Ausweitung der Speichervorschriften auf Holzheizkessel über 500 kW Nennwärmeleistung kann in Einzelfällen zu Mehrkosten führen. Diese dürften aber in erster Linie auf frühere Unterlassungen zurückzuführen sein und können nicht allein dieser neuen Regelung angelastet werden.

#### 6.4 Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit

Für die Berechnung des Nutzens der Emissionsminderungen wurden in der VOBU Kostensätze für die Auswirkungen auf Gesundheit, Biodiversität, sowie Ernte- und Materialschäden verwendet.<sup>16</sup> Es wurden auch die negativen Umweltauswirkungen erhöhter CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den zusätzlichen Energiebedarf der Abgasreinigungsanlagen einberechnet. Insgesamt beträgt der jährliche Nutzen der LRV-Massnahmen ab dem Zeitpunkt der Umsetzung rund 54 Millionen Franken.

Die Senkung des Stickoxid-Grenzwerts für Zementwerke von 500 mg/m<sup>3</sup> auf 200 mg/m<sup>3</sup> führt gemäss VOBU zu einer jährlichen Verminderung von ca. 1300 Tonnen an Stickoxiden, was knapp 2 Prozent der gesamtschweizerischen Emissionen entspricht. Stickoxide haben negative Auswirkungen auf die Gesundheit, indem sie zu Erkrankungen der Atemwege führen. Zudem schädigen sie Pflanzen und empfindliche Ökosysteme durch Überdüngung und Versauerung. Auch tragen sie zur Bildung von sekundärem Feinstaub bei und spielen zusammen mit VOC bei der Ozonbildung eine Rolle. Die erwartete jährliche NO<sub>x</sub>-Minderung entspricht einem Gesamtnutzen von 48 Millionen Franken. Die einhergehende Minderung der Ammoniakemissionen um ca. 90 Tonnen pro Jahr führt zu einem Umwelt- und Gesundheitsnutzen von weiteren 6 Millionen Franken jährlich.

Bei den VOC-Emissionen wird eine Minderung von 200 Tonnen pro Jahr erwartet. VOC sind wichtige Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung. Bei Sonneneinstrahlung entsteht bodennahes Ozon unter Mitwirkung von VOC und Stickoxiden. Dieses Phänomen wird Sommersmog genannt. Beide Massnahmen führen also zu einer insgesamt verringerten Ozonbildung. Das ist wünschenswert, da die Immissionsgrenzwerte für Ozon im Sommer in der Schweiz regelmässig weiträumig überschritten werden. Zudem bildet sich aus VOC zusammen mit anderen Luftschadstoffen sekundärer Feinstaub. Das ist vor allem in den Wintermonaten problematisch, da aufgrund erhöhter Heiztätigkeit und teilweise schwieriger meteorologischer Bedingungen (Inversionslagen) die Luft ohnehin mit Feinstaub belastet ist. Die Massnahmen haben aber auch auf einzelne, speziell toxische Substanzen, wie etwa das krebserregende Benzol, eine absenkende Wirkung.

Mit der Erhöhung des VVEA-Grenzwerts von B(a)P in der VVEA kann Aushubmaterial mit höherer Belastung in Zementwerken entsorgt werden, ohne dass mit erhöhten Umweltauswirkungen gerechnet werden muss. Das trägt zur Schonung von knappem Deponieraum bei oder vermeidet Exporte zur Entsorgung im Ausland.

Grössere Wärmespeicher für Holzfeuerungen führen zu einer Verringerung von An- und Abfahrvorgängen sowie zu weniger Teillastbetrieb. Diese Betriebsarten sind oft sehr emissionsintensiv. Deren Reduktion führt damit zu einer Verringerung der Emissionen an Feinstaub und VOC aus solchen Anlagen.

---

<sup>16</sup> Für die Berechnung des Nutzens wurden die vermiedenen Emissionen des krebserregenden Schadstoffs Benzol (ein VOC) mangels Daten nicht berücksichtigt.