



3. April 2020

Erläuternder Bericht zur Änderung der Luft- reinhalte-Verordnung (LRV)

Verordnungspaket Umwelt Frühling 2021

Referenz/Aktenzeichen: R114-1275

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Grundzüge der Vorlage.....	5
2.1	Zementwerke.....	5
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
4.2	Heizkessel für feste Brennstoffe	12
4.2.1	Anhang 3 Ziffer 523: Wärmespeicher	12
4.3	Aufhebung einzelner Artikel und Ziffern	12
4.3.1	Artikel 19a	12
4.3.2	Artikel 3, 20, 20a, 36, 37 und 42a	12
4.3.3	Anhang 4 Ziffern 211 und 23	13
4.4	Inkraftteten	13
5	Änderung anderer Erlasse	14
6	Auswirkungen	15
6.1	Auswirkungen auf den Bund.....	15
6.2	Auswirkungen auf die Kantone oder die Gemeinden	15
6.3	Auswirkungen auf die Wirtschaft.....	15
6.4	Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit	16

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 bessere verfügbare Technik bei der Erstellung neuer Anlagen oder nach einer Übergangszeit auch bei bestehenden Anlagen eingesetzt wird. Dies führt zu einer fortschreitenden Verringerung des Schadstoffausstosses in die Luft.

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 wurde der Stickoxid-Grenzwert von 800 auf 500 mg/m³ abgesenkt und es wurden anlagenspezifische Grenzwerte für weitere Schadstoffe wie gasförmige organische Stoffe, Staub, Schwermetalle oder Dioxine und Furane eingeführt.

Die schweizerische Zementindustrie und die Standortkantone der sechs Werke erneuerten parallel zur LRV-Revision von 2015 eine seit 1998 existierende Branchenvereinbarung¹ 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 die 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 m³ 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)² ein, mit der der Bundesrat beauftragt werden sollte, den Grenzwert für Stickoxide bei Zementwerken ab dem 1. Januar 2019 auf maximal 200 mg/m³ festzulegen. Er begründete dies damit, dass ein solcher Wert auch in Deutschland gelte und dass es für Zementwerke möglich sei, diesen mittels der SCR-Technik³ 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 Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA) müssten Zementwerke jedoch einen deutlich weniger strengen Stickoxidgrenzwert einhalten.

In seiner Antwort auf die Motion, welche vom Nationalrat im März 2018 abgelehnt wurde, 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)⁴ hätten jedoch festgehalten, dass für die Anwendbarkeit von SCR-Systemen in Zementwerken eine Weiterentwicklung des Verfahrens

¹ NO_x-Branchenvereinbarung mit der Zementindustrie für die Periode vom 1. Januar 2016 bis 31. Dezember 2021

² [Motion 16.3827: Reduktion von Stickoxiden](#), eingereicht am 29.9.2016

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

⁴ 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.

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.

Das BAFU hat deshalb den Stand der Technik für Emissionsminderungen in der Zementindustrie abgeklärt und auf dieser Basis den vorliegenden Entwurf mit angepassten Luftschadstoffgrenzwerten für Stickoxide (NO_x), Ammoniak (NH₃), Schwefeloxide (SO_x), flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Staub (PM) ausgearbeitet.

Gleichzeitig mit der LRV soll auch der Grenzwert in der VVEA für Benzo[a]pyren (B(a)P) geändert werden, welcher für Abfälle gilt, die als Rohmaterialien in der Herstellung von Zementklinker eingesetzt werden. Dieser Änderungsvorschlag der VVEA war bereits Teil des Verordnungspaketes Umwelt Frühling 2020⁵, 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 Verordnungspaketes Umwelt Frühling 2021 integriert.

Heizkessel für feste Brennstoffe

Mit der LRV-Revision vom 11. April 2018⁶ 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.

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

⁶ [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 eine Studie bei der European Cement Research Academy GmbH (ECRA) in Auftrag gegeben. Darin werden 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)⁷. Die Studie behandelt Minderungsmöglichkeiten für die Luftschadstoffe Stickoxide und Ammoniak, gasförmige organische Verbindungen und Staub und diskutiert sowohl technische als auch ökonomische Aspekte.

Stickoxide und Ammoniak

Auf europäischer Ebene legt die Industrieemissions-Richtlinie 2010/75/EU (IED) für Zementwerke einen Stickoxidgrenzwert von 500 mg/m³ 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, im Jahr 2013 novellierte 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung (17. BImSchV) seit 2019 den Grenzwert für Stickoxide mit 200 mg/m³ 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/m³ eingeführt werden. Da die sechs Zementwerke in der Schweiz für rund 4 Prozent der gesamtschweizerischen Stickoxidemissionen verantwortlich sind, ist diese Absenkung relevant für die Luftqualität.

Aktuell kommt in der Zementindustrie der allgemeine NH₃-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.

Gasförmige organische Verbindungen

Emissionen an 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 der vorhandenen Lagerstätte (Steinbruch) ab. Aus Gründen der Verringerung der Kohlendioxidemissionen und aus Sicht der Kreislaufwirtschaft ist es 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. Bei der Verwendung solcher Stoffe muss ein besonderes Augenmerk auf die daraus möglicherweise resultierenden Emissionen an VOC gerichtet werden. Insbesondere 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/m³ 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 sind. In Europa ist in der IED mit 10 mg/m³ ein deutlich tieferer Wert für VOC vorgeschrieben,

⁷ 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

wobei dort die Möglichkeit für werkspezifische Ausnahmen vorgesehen ist, 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, werkspezifischen Lösung, welche den Kohlenstoffgehalt im natürlichen Rohmaterial des jeweiligen Standorts berücksichtigt.

Schwefeloxid und Staub

Der Schwefeloxidgrenzwert soll von heute 500 mg/m³ auf 400 mg/m³ 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 mg/m³ um 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.

Abfallverordnung

Eine Erhöhung des B(a)P-Grenzwerts in der VVEA, welcher für Abfälle gilt, 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. Die Anpassung wird in Kapitel 5 erläutert.

2.2 Heizkessel für feste Brennstoffe

Bei automatischen Holzheizkesseln führen Wärmespeicher 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, da solche Kessel nur bedingt teillastfähig sind und es vorkommen kann, 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 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 von Abfallrohstoffen für die Klinkerproduktion.

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 geringgehalten wird. Dazu gehören beispielsweise ein möglichst gleichmässiger Ofenbetrieb oder eine NO_x-arme Feuerungstechnik. Damit sind im Normalfall aber keine Stickoxidkonzentrationen im Abgas von weniger als 500 mg/m³ erreichbar, oft liegen die Konzentrationen über 1'000 mg/m³. In solchen Fällen kommen sogenannte Sekundärmassnahmen zum Zug. Zu nennen sind hier das SNCR-⁸ oder das bereits eingangs erwähnte SCR-Verfahren.

In allen Schweizer Werken werden Primär- und in fünf von sechs Anlagen 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 NO_x-Branchenvereinbarung ohne Sekundärmassnahmen problemlos ein.

Seit dem 1. Januar 2019 müssen die deutschen Zementwerke gemäss der im Jahr 2013 novellierten 17. BImSchV einen Stickoxidgrenzwert von 200 mg/m³ einhalten. Wie in der ECRA-Studie 2019 ausgeführt ist, einigte sich die deutsche Zementindustrie mit den Behörden auf sogenannte Massnahmenpläne, die eine gestaffelte Umsetzung der Anforderungen der Verordnung erlaubte, da die Vorschrift Investitionen und Baumassnahmen für Sekundärmassnahmen erforderlich machte. Aktuell sind in Deutschland 15 von 37 Werke mit Klinkerproduktion mit SCR-Anlagen ausgerüstet (Stand August 2019 gemäss ECRA-Studie), weitere befinden sich in Planung oder im Bau. Darunter sind sowohl Installationen, bei denen die SCR-Anlage nach der Staubabreinigung installiert ist (Low-Dust- oder Tail-End-Verfahren), als auch solche, bei denen zuerst die Entstickung und danach die Staubabreinigung erfolgt (High-Dust-Verfahren). Je nach Situation in einem bestimmten Werk bietet sich das eine oder andere Verfahren an. 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. Diese Einschätzung hält auch der Verband Deutscher Zementwerke VDZ in der Publikation "Umweltdaten 2017" fest, wo er schreibt, dass "beide Verfahren [SNCR und SCR] den Stand der Technik darstellen und die Einhaltung der Grenzwerte und damit den Schutz von Umwelt und Anwohnern gewährleisten".⁹

Aus diesem Grund soll nun auch in der Schweiz für Zementwerke ein Stickoxidgrenzwert von 200 mg/m³ in der LRV vorgeschrieben werden. Wenn ein solcher Wert mit dem SNCR-Verfahren erreicht werden soll, besteht die Gefahr eines Anstiegs der Ammoniakemissionen, da das für die Umwandlung von Stickoxiden zu Luftstickstoff (N₂) erforderliche Reduktionsmittel (Ammoniak oder Harnstoff) dem Abgasstrom in deutlich erhöhter Konzentration zugegeben werden muss. Dieser sogenannte Ammoniak-Schlupf ist unerwünscht. Er führt – neben den natürlicherweise auftretenden Ammoniakemissionen aus dem Rohmaterial – zu einer zusätzlichen Belastung der Luft.

Bis anhin kam für Ammoniak aus Zementwerken der allgemeine Grenzwert von 30 mg/m³ nach Anhang 1 Ziffer 62 LRV zur Anwendung. Dieser Wert umfasst neben Ammoniak (NH₃) auch Ammoniumverbindungen (NH₄⁺). Neu sollen die Ammoniakemissionen zusammen mit

⁸ 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.

⁹ <https://www.vdz-online.de/publikationen/umweltdaten> > Umweltdaten 2017

den Stickoxiden in Anhang 2 Ziffer 11 begrenzt werden. Der Wert soll auf 30 mg/m^3 festgelegt werden, aber nur noch NH_3 umfassen. Gegenüber der heute gültigen Regelung stellt dies eine Erleichterung dar, indem die Ammoniumemissionen nicht mehr berücksichtigt werden. Die LRV soll allerdings keine Ausnahmeregelungen aufgrund von erhöhten Ammoniakkonzentrationen im natürlichen Rohmaterial vorsehen, wie dies in Deutschland in der 17. BImSchV der Fall ist. Auch für Zeiten, in denen ein Zementwerk im Direktbetrieb betrieben wird, sollen keine 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. Ist ein SCR-Katalysator installiert, sorgt dieser dafür, dass auch im Direktbetrieb die Ammoniakverbindungen reduziert werden, bevor sie über den Kamin ausgestossen werden. Folglich kann dann auf Ausnahmeregelungen beim Ammoniak für den Direktbetrieb verzichtet werden.

Es ist davon auszugehen, dass aufgrund der neuen Vorschriften der LRV in fast allen Fällen ein Umstieg auf das SCR-Verfahren notwendig sein wird. Auch mit einem optimierten, effizienteren sog. High-Efficiency-SNCR-System (he-SNCR) dürfte die gleichzeitige sichere Einhaltung des Stickoxid- und Ammoniakgrenzwerts im Verbund- und Direktbetrieb schwierig bzw. unmöglich sein. Die Installation eines SCR-Systems hat zwar nicht unerhebliche Kosten für die betroffenen Werke zur Folge, wie in Kapitel 6.3 ausgeführt ist. Das Verfahren kann aber als Stand der Technik angesehen werden 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 zusätzlich eine deutliche Verminderung der VOC-Emissionen bewirken (vgl. Kapitel 4.1.3).

4.1.2 Anhang 2 Ziffer 113: Schwefeloxide

Der aktuell in der LRV gültige Grenzwert für Schwefeloxide liegt mit 500 mg/m^3 oberhalb der in den BvT-Schlussfolgerungen 2013 angegebenen Bandbreite von weniger als 50 bis 400 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 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 Eintragungssituation 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)¹⁰ gibt für Drehrohrofenanlagen Konzentrationen an flüchtigen organischen Stoffen im Bereich von 5 bis 100 mg/m³ an. Sie stammen weitgehend aus dem über 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. Letztlich muss eine gleichbleibende hohe Klinkerqualität sichergestellt sein.

Wie der ECRA-Studie 2019 zu entnehmen ist, bestehen zurzeit noch keine spezifischen Sekundärmassnahmen zur Minderung der VOC-Emissionen, die in der Zementindustrie als Stand der Technik eingestuft würden. Grundsätzlich existieren verschiedene Verfahren wie die Regenerative Thermische Oxidation (RTO), das DeCONOX-Verfahren¹¹ oder Aktivkohlefilter, um die organischen Emissionen zu mindern. Damit könnte ein tiefes Emissionsniveau erreicht werden. Die Techniken haben aber gemeinsam, dass sie sich noch in Erprobung befinden, nur Erfahrungen aus sehr wenigen Zementwerken vorliegen, dass sie teilweise durch die Behörden finanziell gefördert wurden oder dass sie – im Falle von RTO oder DeCONOX – den Nachteil haben, dass teilweise Gasbrennstoffe eingesetzt werden müssen, um die Nachverbrennung sicherzustellen. Bei DeCONOX erhöht sich zudem der Bedarf an elektrischer Energie deutlich.

Erfahrungen mit bisher installierten SCR-Anlagen zur Reduzierung von Stickoxiden (vgl. Kapitel 4.1) 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 C₁- und C₂-Verbindungen nur bei 10 bis 30 Prozent. Methan (CH₄) wird nicht oxidiert.¹⁰

Der generelle Grenzwert von 80 mg/m³ 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/m³. 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/m³ 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 Ausgasungsversuchen wird im Labor anhand mehrerer Stichproben für einen einzelnen Standort der Gehalt an organischen Verbindungen im Rohmaterial bestimmt. Das österreichische Umweltbundesamt hat eine Anleitung zur Durchführung solcher Versuche publiziert.¹² Diese Vorgehensweise wird in Deutschland und Österreich

¹⁰ VDI 2094 (Entwurf) – Emissionsminderung Zementwerke, Verein Deutscher Ingenieure VDI, Juli 2019

¹¹ Das Verfahren kombiniert einen Reingaskatalysator (SCR-System) mit einer RTO. Damit werden hohe Abscheidegrade bei NO_x, VOC und CO erreicht.

¹² [Arbeitsanweisung zur Durchführung von Ausgasungsversuchen](#), Umweltbundesamt, 2017

praktiziert und von den zuständigen Behörden akzeptiert. Sie bildet die Grundlage für die Erstellung von Gutachten zu den (natürlichen) rohmateri albedingten 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. Zudem soll ein Wert von 10 mg/m^3 an gasförmigen organischen Verbindungen aufgrund des Einsatzes von Abfällen toleriert werden. Der maximale Grenzwert für den Gesamtkohlenstoff darf aber 50 mg/m^3 nicht überschreiten. Diese Anforderungen sind in Ziffer 114 Absatz 3 formuliert und 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. Falls bereits aufgrund des natürlichen Gehalts an organischen Verbindungen im Rohmaterial ein höherer Grenzwert als 50 mg/m^3 notwendig wäre, würde die Installation einer SCR-Anlage im betreffenden Werk unabdingbar (siehe auch nächster Absatz).

Damit die Zementwerke weiterhin alternatives, d. h. mit organischen Verunreinigungen belastetes Rohmaterial einsetzen können, müssen sie einerseits die Aufgabe der Stoffe in den Ofen optimieren, soweit das technisch und betrieblich möglich ist. Andererseits wird die Installation von SCR-Systemen, welche in den meisten Fällen aufgrund des neu vorgesehenen Stickoxidgrenzwerts in Kombination mit den Anforderungen beim Ammoniak erforderlich wird, zu einer Senkung der VOC-Emissionen um etwa die Hälfte führen. Dies gibt genügend Spielraum für zusätzliche Emissionen von organischen Stoffen aus alternativen Rohmaterialien, da der werksspezifische VOC-Grenzwert ohne Berücksichtigung einer VOC-Minderung erfolgt. Somit wird es weiterhin möglich sein, solches Material einzusetzen, was aus Sicht der Abfallwirtschaft vorteilhaft ist, wenn damit eine Deponierung vermieden werden kann.

4.1.4 Anhang 2 Ziffer 115: Staub

Die BVT-Schlussfolgerungen 2013 nennen als Stand der Technik für die Minderung von Staube missionen 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^3 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^3 einhaltbar. Die vorgesehene Senkung des Grenzwerts führt somit nicht dazu, dass die Werke zusätzliche Minderungs massnahmen ergreifen müssten.

4.1.5 Anhang 2 Ziffer 119: Überwachung

Seit dem 1. Januar 2016 schreibt die LRV vor, dass die Gehalte von NO_x , SO_x , VOC und Staub im Abgas von Zementwerken kontinuierlich gemessen werden. Darüber hinaus werden bei der Hälfte der Anlagen auch die Ammoniakemissionen laufend aufgezeichnet. Mit der Einführung eines deutlich tieferen Stickoxidgrenzwerts soll nun auch eine kontinuierliche Ammoniakmessung Pflicht werden, um sicherzustellen, dass es nicht zu unerwünschtem Ammoniak-Schlupf kommt, wenn zur Senkung der Stickoxidemissionen das (he-)SNCR-Verfahren angewendet

wird und Ammoniak oder Harnstoff deutlich überstöchiometrisch zugegeben wird. Beim Einsatz des SCR-Verfahrens hingegen sind Ammoniakemissionen in der Regel kein Problem.

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, um die hier bestehende Regelungslücke zu schliessen. Zu diesem Zweck wird die Ziffer um einen Absatz 2^{bis} 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.

Anhang 3 Ziffer 523 Absatz 3 erlaubt 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 Ausnahmemöglichkeit soll auch für Feuerungen nach dem neuen Absatz 2^{bis} gelten.

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.¹³ Die neu in Absatz 2^{bis} vorgesehene Vorschrift ist zurzeit als Dimensionierungsempfehlung in Kapitel 3.3 des besagten Dokuments formuliert.

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, 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 Energieeffizienzverordnung (EnEV; SR 730.02). 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. 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.

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

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. Juli 2021 in Kraft treten.

Die geänderten Bestimmungen für die Zementwerke in Anhang 2 (Grenzwerte für NO_x, NH₃, SO_x, VOC, Staub, NH₃-Messung) sollen hingegen erst ab dem 1. Januar 2022 gelten, da die aktuell gültige Stickoxid-Branchenvereinbarung zwischen den Standortkantonen und der Zementindustrie Ende Dezember 2021 ausläuft. In der Präambel der Vereinbarung ist bekundet, dass weder die Kantone (Vertragspartner) noch das BAFU (Mitwirkung) während der Vereinbarungsdauer auf Grenzwertverschärfungen hinwirken wollen. Damit ist – was die Stickoxide anbelangt – ein nahtloser Übergang von der Vereinbarung zum verschärften Grenzwert in der LRV gewährleistet.

Für bestehende Anlagen soll die ordentliche Sanierungsfrist von 5 Jahren nach Artikel 10 LRV zum Tragen kommen. Es sind deshalb keine spezifischen Übergangsbestimmungen 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.

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 werden¹⁴ (siehe Kapitel 2.3.2.10 im Ergebnisbericht).

¹⁴ [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 von 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 oder 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 werksspezifisch 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 Vollzugaufwände 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 bzw. begründet ist, weshalb bei gewissen Anlagen auf einen Speicher verzichtet werden kann. Bei bestehenden Anlagen müssen allenfalls Sanierungen verfügt werden. Dies führt zu Mehraufwand im Rahmen der ohnehin erforderlichen Bewilligungsprozesse für die Feuerungen.

Bei den Gemeinden entstehen keine Mehraufwände, da diese in der Regel nicht in den Vollzug bei Zementwerken und bei Holzfeuerungen über 500 kW Leistung involviert sind.

Wie auch beim Bund entstehen durch die Erhöhung des VVEA-Grenzwerts von B(a)P bei Kantonen oder 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 u. a. auch ökonomische Aspekte sowie die wirtschaftliche Tragbarkeit der betrachteten Schadstoffminderungsmassnahmen. Zur Stickoxidminderung sind bereits heute in fünf von sechs Werken SNCR-Systeme im Einsatz. Es ist denkbar, dass der vorgesehene Stickoxidgrenzwert von 200 mg/m³ im einen oder anderen Fall mit einem optimierten SNCR-System einhaltbar sein wird. In der Regel wird es aber erforderlich sein, dass die Schweizer Werke auf SCR-Anlagen umrüsten. Die Studie beziffert die dafür erforderlichen Investitionskosten auf ca. 10 bis 15 Mio. Euro pro Anlage, je nachdem, ob in einem Werk eine High-Dust- oder Low-Dust-Installation gewählt wird bzw. möglich ist.

Zusätzlich entstehen laufende Kosten aufgrund eines erhöhten Strombedarfs (wegen der Abreinigung der Katalysatoren und einem höheren Druckverlust im System) sowie aufgrund der Notwendigkeit, die Katalysatoren periodisch zu erneuern (insb. beim High-Dust-Verfahren). Hingegen verringern sich im Vergleich zum SNCR-Verfahren die Kosten für Reduktionsmittel (Ammoniak oder Harnstoff), da das SCR-Verfahren effizienter ist. Die Betriebskosten sind bei einem Low-Dust-SCR-System mit 0.5 Euro pro t Klinker leicht geringer als bei SNCR, bei einem High-Dust-SCR-System liegen sie mit 0.8 bis 1.5 Euro höher.

Die Studie beziffert die totalen Mehrkosten einer SCR- gegenüber einer SNCR-Anlage über eine angenommene Abschreibungszeit von 15 Jahren auf 1 Euro pro t Klinker bei einer angenommenen Klinkerproduktion von 3'000 t pro Tag. Bezogen auf einen angenommenen Endverkaufspreis von 100 Franken bis 200 Franken pro Tonne Zement in der Schweiz belaufen sich die Zusatzkosten auf weniger als 1 Prozent.¹⁵ Dies sollte für die Werke in der Schweiz in der Regel tragbar sein.

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 zu knapp wären, um die Investitionskosten für eine SCR-Anlage zu rechtfertigen.

Die Ausweitung der Speichervorschriften auf Holzheizkessel über 500 kW Nennwärmeleistung kann in Einzelfällen zu Mehrkosten führen. Diese dürfte 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

Die Senkung des Stickoxid-Grenzwerts von 500 mg/m³ auf 200 mg/m³ bei Zementwerken führt zu einer geschätzten jährlichen Verminderung von ca. 1'500 Tonnen Stickoxiden, was etwa 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. Im "European Nitrogen Assessment" (ENA-Studie)¹⁶ werden Folgekosten durch den Stickstoffeintrag in die Luft für die Gesundheit und für die Ökosysteme in Europa abgeschätzt. Für Stickoxide weist die Studie Kosten im Bereich von 12 bis 40 Euro pro Kilogramm Stickstoff aus. Bei einer jährlichen Verminderung von 1'500 t NO_x entspricht dies einem Umwelt- und Gesundheitsnutzen von 6 bis 20 Mio. CHF pro Jahr. Für die Schweiz ist anzunehmen, dass die Kosten im oberen Bereich der Bandbreite der ENA-Studie liegen, weil die Schweiz ein Hochpreis- bzw. Hochlohnland ist.

Durch die erwartete Anwendung des SCR-Verfahrens zur Verringerung der Stickoxide und durch die neue werkspezifische Regelung der Emissionen an gasförmigen organischen Stoffen wird es auch zu einer Verringerung der VOC-Emissionen kommen. 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. Hier besteht also Handlungsbedarf für eine Verbesserung der Luftqualität. 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

¹⁵ Gemäss im Internet verfügbarer Preislisten kostet Portlandzement in der Schweiz über CHF 200 in Säcken à 25 kg (Stand 2020), während Preise für Losezement nur auf Anfrage erhältlich sind. Zement enthält im Durchschnitt etwa 75% Klinker.

¹⁶ [European Nitrogen Assessment](#): Chapter 22. Costs and benefits of nitrogen in the environment

Luft ohnehin mit Feinstaub belastet ist. Die Massnahmen dürften aber auch auf einzelne, speziell toxische Substanzen, wie etwa das krebserregende Benzol, eine absenkende Wirkung haben.

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.

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