

Richtlinie VDI 3891 - Neuerungen und Festlegungen

Dr.-Ing. Ragnar Warnecke

GKS - Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH
Schweinfurt, Deutschland

Dipl.-Ing. Peter Plegnière

Verein Deutscher Ingenieure e.V.
Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL,
Düsseldorf, Deutschland

1. Einleitung

Von den in Deutschland jährlich knapp 1 Million Sterbefällen (Laut Statistischem Bundesamt waren es im Jahr 2014 exakt 868.350 Personen) werden mit steigender Tendenz mittlerweile weit über 50 % feuerbestattet. Hierzu stehen in Deutschland derzeit ca. 160 kommunale als auch private Kremationsanlagen zur Verfügung, die im Durchschnitt jeweils 2 bis 3 Ofenlinien betreiben.

Auf der Grundlage der VDI 3927 und der VDI 3891 mit mindestens 435.000 Kremationen pro Jahr in Deutschland und einer Annahme eines Abgasvolumens von ca. 2.000 Nm³ Abgas pro Kremation emittieren die deutschen Krematorien insgesamt mindestens 870 Mio. Nm³ Abgas im Jahr. Dies entspricht ungefähr der Größenordnung der Abgasmenge einer einzigen, kleineren Müllverbrennungsanlage und nur ca. 1/20 der Abgasmenge eines 800 MW-Steinkohlekraftwerkblocks. Daran lässt sich die Größenordnung der Emissionsfrachten aus allen Krematorien als nicht sehr relevant abschätzen. Allerdings sind die Emissionen wirkungsseitig auf Grund der teilweisen Nähe zu Wohnbebauung und der geringen Ableithöhen besonders zu betrachten.

Bei der Feuerbestattung sind neben ethischen und kulturellen Grundsätzen spezielle Anforderungen zum Schutz von Mensch und Umwelt vor schädlichen Auswirkungen zu beachten, die durch den Betrieb der Kremationsanlage verursacht werden können. Hierzu hat der Gesetzgeber im Jahre 1997 die Verordnung über Anlagen zur Feuerbestattung (27. BImSchV) /1/ eingeführt, deren Anforderungen durch die hier betrachtete Richtlinie VDI 3891 „Emissionsminderung - Anlagen zur Humankremation“ /2/ konkretisiert und an den aktuellen Stand der Technik anpasst werden. Die Richtlinie beschreibt die aktuelle Prozesstechnik von Kremationsanlagen die Art und die Ursache von schädlichen Emissionen in die Luft, die Maßnahmen zum Vermeiden und Mindern dieser Emissionen, sonstige Umweltauswirkungen sowie sicherheitstechnische Aspekte. Als Fazit der beschriebenen Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen gibt sie Empfehlungen für Emissionswerte, die nach dem Stand der Technik einhaltbar sind. Darüber hinaus enthält sie eine ausführliche Anleitung zur messtechnischen Ermittlung der Emissionswerte, um die Vergleichbarkeit der Messwerte sicherzustellen. Dabei berücksichtigt sie neben den rein umweltschutztechnischen Kriterien gemäß der Definition des Standes der Technik auch die Grundsätze an Pietät und Würde, die bei der

Kremation von Menschen zu beachten sind (z. B. Vermeidung der Vermischung der Aschen, Beachtung regionaler Traditionen).

2. Historie der Richtlinie VDI 3891

Die Idee, eine technische Regel über Emissionsminderungsmaßnahmen von Kremationsanlagen zu erstellen, kam Ende der 1980er Jahre im VDI-Richtlinienausschuss „Abfallverbrennung“ auf. Bis zu diesem Zeitpunkt gab es noch keine immissionsschutzrechtlichen und technischen Regeln für die Genehmigung, den Betrieb und die Überwachung von Krematorien. Als immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftige Anlagen unterlagen die Krematorien, damals wie auch heute, nicht den Anforderungen der TA-Luft /3/. In Einzelfällen wurde zwar eine Genehmigungspflicht für Feuerbestattungsanlagen aufgrund § 7 der Verordnung zur Durchführung des Feuerbestattungsgesetzes abgeleitet, die Auslegung dieser Rechtsgrundlage wurde jedoch bundesweit sehr uneinheitlich gehandhabt. Daher war die technische Ausstattung von Kremationsanlagen und deren Emissionsverhalten sehr unterschiedlich und hing in erster Linie von den freiwilligen Leistungen der Betreiber ab. Es fehlten Empfehlungen für emissionsmindernde Maßnahmen, die von den Behörden als bundeseinheitliche Orientierungshilfe bei der Genehmigung und Überwachung der Kremationsanlagen hätten herangezogen werden können.

Um diesen Missstand zu beseitigen, wurde durch die Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (KRdL) im Jahre 1988 ein Richtlinienausschuss gegründet, der mit der VDI 3891 eine bundeseinheitliche Grundlage für den Bau und Betrieb von Kremationsanlagen erstellen sollte. Die erste Ausgabe der Richtlinie VDI 3891 erschien im August 1992 unter dem Titel "Emissionsminderung – Einäscherungsanlagen". In dieser Erstausgabe waren Emissionswerte als Massenströme (g/h je Ofeneinheit) für Gesamtstaub, Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (Gesamt-C), Chlorwasserstoff (HCl) und Fluorwasserstoff (HF) aufgeführt. Von der Festschreibung eines Emissionswertes für Quecksilber wurde Abstand genommen, da die hierfür vorzusehenden Emissionsminderungsmaßnahmen als zu aufwändig und teuer eingestuft wurden.

Auf der Grundlage und den Erkenntnissen dieser technischen Regel führte der Gesetzgeber anschließend mit der 27. BImSchV /1/ im Jahre 1997 eine verbindliche Rechtsgrundlage für die Genehmigung, den Betrieb und die Überwachung von Humankremationsanlagen ein. Die konkrete Umsetzung des durch die 27. BImSchV geschaffenen, gesetzlichen Rahmens sollte aber weiterhin der technischen Regel VDI 3891 vorbehalten bleiben, da diese in regelmäßigen Abständen an den Stand der Technik angepasst werden kann. Die zweite Ausgabe der VDI 3891 erschien im Mai 2001. Die dritte und aktuelle Ausgabe erschien im Juli 2015. Gemäß den Grundsätzen der VDI-Richtlinienarbeit (siehe VDI 1000 /4/) wird die VDI 3891 mindestens alle 5 Jahre auf ihre Aktualität hin überprüft und somit sichergestellt, dass die Richtlinie dem aktuellen Stand der Technik entspricht. Die nächste Überprüfung steht spätestens im Jahre 2019 an.

3. Neuerungen und Festlegungen der aktuellen VDI 3891

Mit der aktuellen Richtlinie VDI 3891 /2/ liegt eine technische Regel für Kremationsanlagen vor, die die geltenden gesetzlichen Vorgaben der 27. BImSchV /1/ konkretisiert und an den aktuellen Stand der Technik anpasst. Neben der Vielzahl der vorgenommenen Präzisierungen, die überwiegend dem technologischen Fortschritt seit der letzten Überarbeitung geschuldet waren, standen bei der letzten Novellierung der Richtlinie insbesondere folgende Aspekte im Vordergrund:

1. Einführung einer praxisorientierten Interpretation des CO-Grenzwertes ("3 % Regel")
2. Betrachtung möglicher Quecksilberemissionen mit Bezug auf den Stand der Technik bei Abgasreinigungsverfahren
3. Ansätze für neue technische Erkenntnisse vor dem Hintergrund der Primärenergieeinsparung
4. Neuerungen bei der kontinuierlichen Emissionsmesswerterfassung
5. Berücksichtigung des statistischen Wandels in Bezug auf die Konstitution von Leichnamen
6. Berücksichtigung aktueller Entwicklungen bzgl. umweltgerechter Sargmaterialien und -ausstattungen
7. Berücksichtigung organisatorischer Maßnahmen zur Minderung der Umweltauswirkungen.

Auf die o. a. Aspekte wird im Folgenden näher eingegangen:

Ad 1: Einführung einer praxisorientierten Interpretation des CO-Grenzwertes ("3 % Regel")

In einer umfassenden Studie in bayerischen Krematorien (/5/) konnte gezeigt werden, dass die meisten vorhandenen Kremationsanlagen technologisch zum Zeitpunkt dieser Datenerhebung (2011) weitgehend dem Stand der Technik entsprechen, es in Einzelfällen aber immer wieder zur Überschreitung des geforderten CO-Grenzwerts kam. Diesem Aspekt wurde in der aktuellen VDI 3891 wie folgt Rechnung getragen:

„Auch bei zeitgemäßer Auslegung und Konstruktion von Kremationsofenanlagen unter Würdigung sämtlicher prozesstechnischer Parameter sowie bei ordnungsgemäßigem Anlagenbetrieb, einschließlich regelmäßiger Wartung und Instandhaltung, kann es in Einzelfällen vorkommen, dass die in der 27. BImSchV vorgeschriebenen Kohlenmonoxidgrenzwerte als Stundenmittelwert überschritten werden. Kremationsanlagen nach dem Stand der Technik halten erfahrungsgemäß unter Berücksichtigung des Verschleißes der Anlage in 97 % bis 99 % der Fälle den CO-Grenzwert ein.“

Seither bildet die in Abschnitt 9.4 der VDI 3891 beschriebene kontinuierliche Emissionsüberwachung und Klassenzuordnung gemäß Anhang C die Grundlage für die Überwachung der CO-Emissionen durch Aufsichtsbehörden und Anlagenbetreiber. Hierbei werden die CO-Stundenmittelwerte in 20 Klassen (M1: 0 bis 2,5 mg/m³; M2: 2,5 bis 5,0 mg/m³; usw.) untergliedert. Eine hohe Klassenbelegung der unteren Klassen repräsentiert demnach einen störungsfreien Kremationsbetrieb mit guten Verbrennungseigenschaften (siehe Bild 1). Dennoch können auch unter derartigen Bedingungen CO-Stundenmittelwerte mit Grenzwertüberschreitungen (hier: ca. 2,5 %) auftreten.

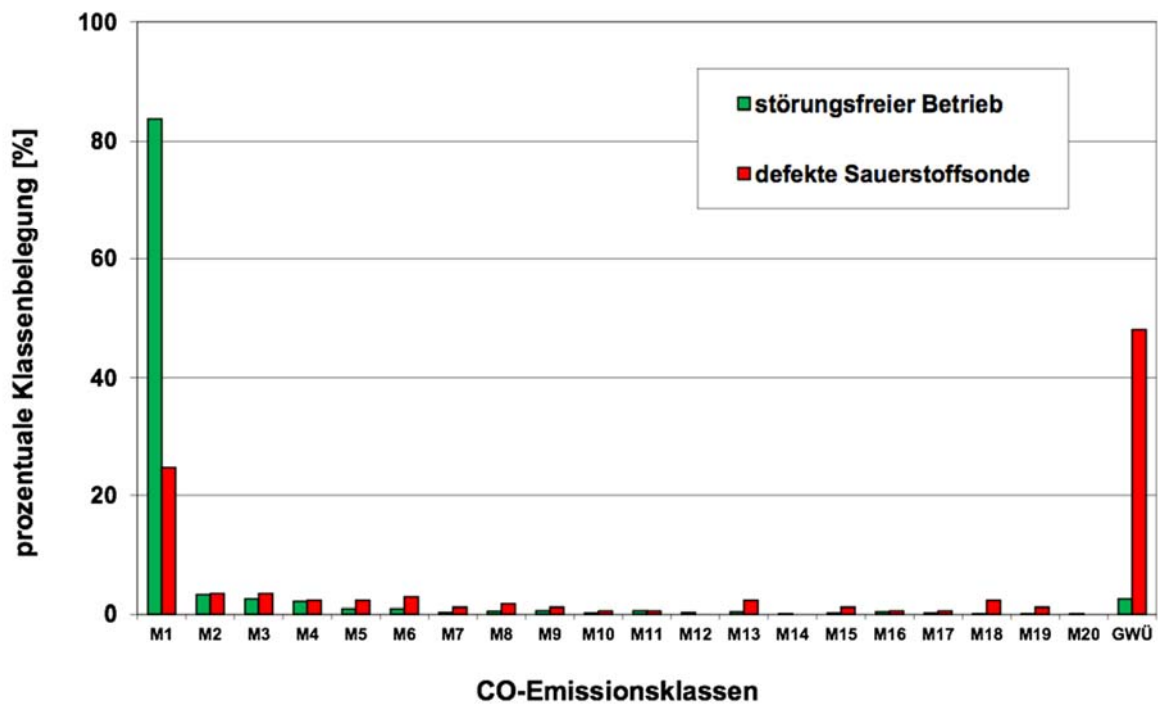


Bild 1: Einfluss einer betrieblichen Störung auf die CO-Emissionsklassenverteilung (nach /6/)

Dagegen sind markante Verschiebungen der Klassenverteilung mit deutlichen Grenzwertüberschreitungen ein Indiz für vorliegende Anlagendefekte. In Bild 1 handelt es sich um einen aufgetretenen Ausfall der für die Prozesssteuerung notwendigen Sauerstoffmesssonde. Aufgrund des in Bild 2 dargestellten qualitativen verbrennungstechnischen Zusammenhangs ist dieses Ergebnis nicht überraschend. So ist es vorrangiges Ziel einer qualifizierten Verbrennungsführung, dass die Verbrennungsluft, abhängig von der jeweiligen Phase der Verbrennung, sauerstoffgeregelt zugeführt wird. Wie aus Bild 2 ersichtlich, führen Sauerstoffmangelbedingungen, auch wenn sie nur lokal auftreten, ebenso zu unvollständiger Verbrennung und damit zu einem CO-Anstieg wie die Überdosierung von Sauerstoff, verbunden mit reduzierter Verbrennungstemperatur und verminderter Verbrennungsaktivität. Defekte Messeinrichtungen, insbesondere der Sauerstoffmesssonde, können demnach zu erheblichen CO-Grenzwertüberschreitungen führen.

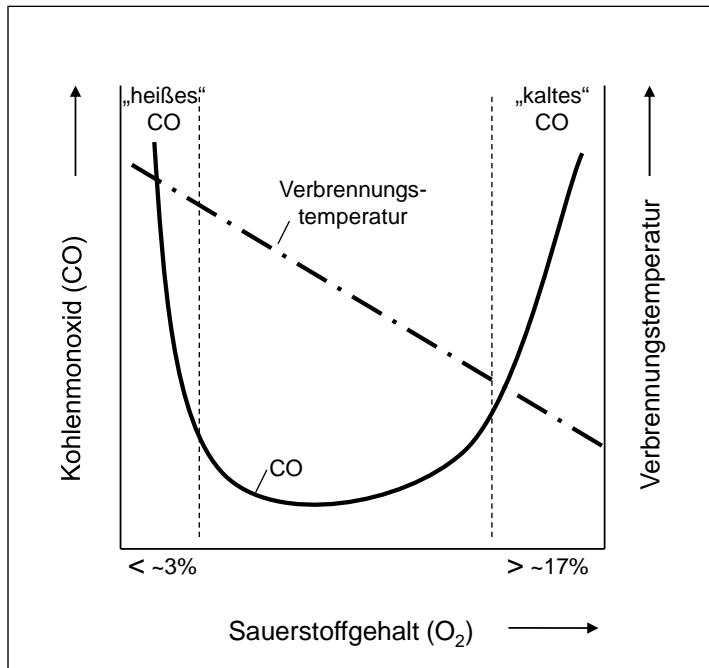


Bild 2: Qualitative verbrennungstechnische Zusammenhänge (nach /5/)

Vor diesem Hintergrund ist es verständlich, dass nicht nur das Ofenkonzept, sondern auch der Betriebszustand der Kremationsanlage und demzufolge die Wartung und Betreuung der Anlage einen entscheidenden Einfluss auf die Emissionsqualität hat.

Ad 2. Betrachtung möglicher Quecksilberemissionen mit Bezug auf den Stand der Technik bei Abgasreinigungsverfahren

Nach vorliegenden Erkenntnissen ist bei Krematorien davon auszugehen, dass praktisch der gesamte Quecksilbereintrag über die Amalgamzahnfüllungen der Leichname erfolgt und das eingetragene Quecksilber fast vollständig in die Gasphase übergeht (siehe /5/). Neueren Untersuchungen zufolge /7/ lagen die Quecksilbergehalte im Rohgas von Krematorien, gemessen als Stundenmittelwerte, meist im Bereich von 0,1 mg/Nm³ und darunter. In Einzelfällen wurden jedoch auch erheblich höhere Konzentrationen von bis zu 1,71 mg/Nm³ festgestellt, die sich nur über den nicht vorhersehbaren hohen Eintrag von Quecksilber durch Amalgamzahnfüllungen erklären lassen. Obwohl Amalgam immer weniger als Material für Zahnfüllungen verwendet wird, ist für die kommenden Jahre/Jahrzehnte immer noch mit hohen Belastungen zu rechnen.

Zur Beurteilung der Größenordnung der Gesamtmenge an Quecksilber, die aus deutschen Krematorien pro Jahr in die Atmosphäre freigesetzt wird, im Vergleich zu anderen, bedeutenden Emittenten (insbesondere Kohlefeuerungen und Müllverbrennung) wird im Folgenden die Ergebnisse zweier Studien dargestellt. Tabelle 1 zeigt die jährlichen Quecksilberemissionsfrachten aus natürlichen sowie anthropogenen Quellen weltweit (siehe /15/).

Tabelle 1: Übersicht über die relevantesten Quecksilberquellen weltweit und deren Emissionsfrachten in die Luft nach /15/

Emissionsquelle		Emissionsfracht in t/a
Natürliche Quellen und Reemissionen	Emissionen aus Ozeanen	2682
	Verbrennung aus Biomasse	675
	Andere	1850
	Summe	5207
Neuemissionen	Kohlekraftwerke	810
	Goldgewinnung	400
	NE-Metall-Verarbeitung	310
	Zementherstellung	236
	Abfallbehandlung/- ablagerung	187
	Natronlaugeherstellung	163
	Andere	214
	Summe	2320
Gesamt		7527

Eine Veröffentlichung des Umweltbundesamtes /17/ zeigt eine Abschätzung der Quecksilberemissionsfrachten von Verbrennungsanlagen im Vergleich (siehe Tabelle 2). Diese Werte, die im Rahmen der OSPAR - Berichterstattung ermittelt wurden, besagen, dass Krematorien etwa rund 20 % der Menge aus Abfallverbrennungsanlagen emittieren.

Tabelle 2: Vergleich der Quecksilberfreisetzungen in die Luft aus unterschiedlichen Verbrennungsanlagen in Deutschland für das Jahr 2009 (siehe /17/)

Anlagenart	Freigesetzte Quecksilbermenge in kg/a
Abfallverbrennung	ca. 210
Sonderabfallverbrennung	6,1
Klärschlammverbrennung	39
Krematorien	ca. 39
Großfeuerungsanlagen	5500

Diese o. a. Daten zeigen, dass die Krematorien zwar nicht zu den bedeutendsten Quecksilberemittenten gehören, jedoch einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag liefern. Aus Sicht der Autoren sind jedoch weitere Untersuchungen zu Quecksilberfrachten aus Krematorien notwendig, um qualifiziert entscheiden zu können, ob die Quecksilberemissionen aus Krematorien zukünftig gesetzlich begrenzt und überwacht werden sollten.

Gerade die Messwerte von Quecksilberemissionen sind in der Regel Ergebnisse von Einzelereignissen. Bild 3 zeigt eine geordnete Jahresdauerlinie aus Halbstundenmittelwerte einer

Müllverbrennungsanlage (MVA). Dabei sind „Quecksilber-Exkursionen“ sehr singuläre Erscheinungen resultierend aus dem „Brennstoff“, die jedoch bis hin zu kurzfristigen Überschreitungen von Halbstundenmittelwerten führen können. Unglücklich ist insbesondere bei der Quecksilbermessung, dass derartige Exkursionen die nachfolgenden Messwerte noch länger durch Ablagerungen im Messschlauch beeinflussen können, obwohl im Rohgas bereits kein Quecksilber mehr nachgewiesen werden kann.

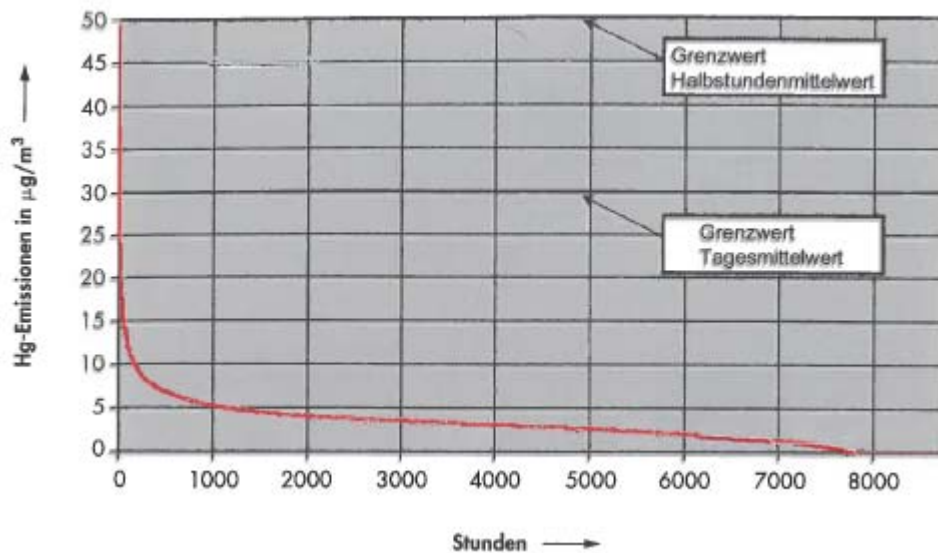


Bild 3: Hg-Halbstundenmittelwerte einer MVA über ein Jahr (nach /16/)

Es zeigt sich, dass das derzeit in Kremationsanlagen meistens eingesetzte Abgasreinigungsverfahren der Trockensorption nach dem Flugstromprinzip (siehe Abschnitt 6.2.3 und 6.2.4 der VDI 3891), das in erster Linie zur Minderung der Dioxin/Furan-Emissionen dient, grundsätzlich auch für die Minderung von Quecksilberemissionen geeignet ist und Abscheidegrade von ca. 90 % und mehr aufweisen kann. Durch überdurchschnittlich hohe Quecksilbereinträge kann es allerdings sein, dass die Quecksilberreingaskonzentrationen bei dieser Art der Abgasreinigung auch oberhalb der in der VDI 3891 angegebenen Bandbreite der Quecksilberemissionswerte liegen (siehe Tabelle 3). Um auch diese unerwarteten und außergewöhnlich hohen Quecksilbereinträge wirkungsvoll abzuscheiden zu können, kommt nach heutigem Kenntnisstand nur das Festbettverfahren in Betracht. Da das Festbettfilter während der gesamten Beladungszeit (mehrere Monate bis Jahre) mit heißen Abgasen beaufschlagt wird, muss dem grundsätzlich vorhandene Brandrisiko und den zu treffenden Sicherheitsvorkehrungen besondere Beachtung beigemessen werden. An dieser Stelle ist eine Güter- bzw. Risikoabwägung zu treffen. Offen ist die Frage, welche Möglichkeiten der Quecksilberabscheidung in Verbindung mit dem Einsatz katalytischer Abgasreinigungsverfahren bestehen. Hier gilt es in Zukunft Verfahren zu entwickeln, die ohne großen Aufwand auch die unvorhersehbaren Quecksilberspitzen "abfangen" können.

Tabelle 3: Emissionsgrenzwerte gemäß 27. BImSchV /1/ und erwartete Bandbreite der Emissionswerte gemäß VDI 3891 /2/

Schadstoff	Emissionsgrenzwert gemäß 27. BImSchV	Bandbereite der Emissionswerte gemäß VDI 3891
Kohlenmonoxid (CO) in mg/m ³ *)	50	5 bis 25
Gesamtkohlenstoff (C _{ges}) in mg/m ³ *)	20	1 bis 10
Gesamtstaub in mg/m ³ *)	10	1 bis 5
Dioxine/Furane (PCDD/F) in ng I-TEQ/m ³ *,**)	0,1	0,01 bis 0,1
Quecksilber (Hg) in mg/m ³ *)	kein Grenzwert	0,001 bis 0,05
*) bei Normzustand (273 K, 1013 hPa), trocken und einem Sauerstoffbezug von 11 % Volumenanteil **) Toxizitätsäquivalent gemäß NATO-CCMS-Vereinbarung		

Ad 3. Ansätze für neue technische Erkenntnisse vor dem Hintergrund der Primärenergieeinsparung

Mit Blick auf die Minderung klimarelevanter Gase, wie Kohlendioxid (CO₂), als auch vor dem Hintergrund der Ressourcenschonung setzt sich die aktuelle VDI 3891 mit der Reduzierung des Primärenergieeinsatzes (in der Regel Gasverbrauch) auseinander. Dabei wurde neben den klassischen Maßnahmen, wie sie in der VDI-Richtlinie in Abschnitt 6.1.3. beschrieben sind, auch auf eine mögliche Maßnahme durch Temperaturabsenkung in der Nachbrennkammer hingewiesen. Das Einsparpotenzial dieser Maßnahme konnte zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der VDI 3891 nur an einer einzigen Anlage mit einem Etagenofen nachgewiesen werden (siehe /8/), so dass weitere Untersuchungen an unterschiedlichen Kremationsofensystemen empfohlen wurden.

Zur Überprüfung wurden mittlerweile Langzeituntersuchungen mit vergleichbarer Zielsetzung an drei anderen Ofensystemen durchgeführt /9/. Die bisher ausgewerteten Daten bestätigen tendenziell die in /8/ beschriebenen Ergebnisse, wobei der optimale Betriebspunkt der einzelnen Ofensysteme, charakterisiert durch den Gasverbrauch und die CO-Emission, von der jeweiligen Ofenkonzeption einschließlich Luft- und Rauchgasführung entscheidend abhängt (siehe /9/).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Reduzierung der Nachverbrennungstemperatur allein durch den Grad der Grenzwertüberschreitungen von CO-Emissionen limitiert wird. Die vorliegenden Messwerte zeigen erneut, dass bei Nachverbrennungstemperaturen von über 650 °C kein Einfluss auf PCDD/F-Emissionen erkennbar ist und Temperaturen von 850 °C nicht unbedingt benötigt werden.

Ad 4. Neuerungen bei der kontinuierlichen Emissionsmesswerterfassung

Die exakte Durchführung der messtechnischen Überwachung der Betriebs- und Emissionswerte ist eine entscheidende Voraussetzung für die Vergleichbarkeit der Messergebnisse und einen

störungsfreien Betrieb der Kremationsanlage. Aus diesem Grunde wurde der Abschnitt „Anleitungen zur Emissionsmesstechnik“ grundlegend überarbeitet und an die neusten Erkenntnisse der überwachenden Stellen /10, 11/ angepasst. So werden z. B. die grundlegenden Voraussetzungen zur kontinuierlichen Überwachung des CO-Grenzwerts (Verwendung einer Messeinrichtung mit ausreichendem Messbereich zur vollständigen Erfassung aller CO-Spitzen etc.) und Klassenzuordnung in Messwert- und Sonderklassen beschrieben. Wie jedoch die fortlaufenden Untersuchungen in Bayern zeigen, werden insbesondere die Zuordnungen zu den Sonderklassen S2 und S7 unterschiedlich interpretiert /12, 13/.

Ad 5. Berücksichtigung des statistischen Wandels in Bezug auf die Konstitution von Leichnamen

In Deutschland ist statistisch eine Zunahme von übergewichtigen Personen zu beobachten. Aus dieser Tatsache und einigen Betriebsstörungen, die im Zusammenhang mit der Kremation von übergewichtigen Leichnamen stehen, wurde folgende Anforderung in der VDI 3891 aufgenommen: *„Der Betreiber hat die vom Hersteller der Kremationsanlage für den ordnungsgemäßen Betrieb der Anlage vorzugebende Massenobergrenze für den Leichnam einschließlich Sarg, Sargausstattung und Beigaben einzuhalten.“* Daraus resultiert, dass ggf. stark übergewichtige Personen nicht in jeder Anlage kremiert werden können.

Ad 6. Berücksichtigung aktueller Entwicklungen bzgl. umweltgerechter Sargmaterialien und -ausstattungen

Bereits zu Beginn der Arbeit an der aktuellen VDI 3891 gab es vermehrt Anfragen und Stellungnahmen von betroffenen Lieferanten und Verbänden zu diesem Thema. Es wurde z. B. gefordert, dass in der überarbeiteten Richtlinie die Begrenzung der Verwendung synthetischer Materialien für die Sargausstattungen auf 30 % wegfallen sollte. Für diese Einschränkung gibt es tatsächlich auch keine technisch-wissenschaftliche Begründung, so dass von dieser Forderung Abstand genommen wurde. In einem anderen Fall befürchtete man, dass durch die Überarbeitung neben Vollholz auch andere, neuartige Sargmaterialien für die Verbrennung als zulässig erachtet werden. Die aktuelle VDI 3891 empfiehlt aus unterschiedlichen Gründen (z. B. ausreichend lange Formstabilität des Sarges nach der Ofeneinfahrt, großer Heizwert) auch weiterhin die Verwendung von Vollholz.

Die nun formulierten Anforderungen an Sarg und Sargausstattungen beruhen auf den Erfahrungen von Betreibern, den o.a. Hinweisen der entsprechenden Zulieferindustrien und den Erkenntnissen der französischen Norm NF D80-001-3 „Särge - Leistungsvorgaben zur Kontrolle der Gebrauchstauglichkeit eines Sarges - Teil 3: Sarg-Kennzeichnung und Anforderungen für die Einäscherung“ /14/.

Ad 7. Berücksichtigung organisatorischer Maßnahmen zur Minderung der Umweltauswirkungen:

Eine wichtige Erkenntnis der Diskussionen im Richtlinienausschuss sowie der LfU-Studie /5/ ist, dass organisatorische Maßnahmen im Betriebsablauf und geschultes Bedienungspersonal einen erheblichen Einfluss auf das Emissionsverhalten und die Umweltauswirkungen einer Kremationsanlage haben. Die Richtlinie VDI 3891 stellt aus diesem Grund umfangreiche Kriterien für den sicheren und umweltbewussten Betrieb der Anlage auf (siehe Abschnitt 6.3 und Anhang A in /2/).

4. Fazit und Ausblick

Die aktuelle VDI-Richtlinie 3891 ist trotz einiger kontrovers diskutierter Aspekte als richtungsweisend einzustufen. Dies gilt insbesondere für die darin festgeschriebenen, fortschrittlichen Maßnahmen zur Minderung des Ausstoßes luftverunreinigender Stoffe sowie die Empfehlungen zur Überwachung des CO-Grenzwertes. Sie gilt nicht nur in Deutschland als Orientierungshilfe für die Auslegung, die Genehmigung, den Betrieb und die Überwachung von Kremationsanlagen, sondern auch in anderen europäischen (z. B. Österreich) und nicht europäischen Ländern (z. B. China). Auch bei einem in der Öffentlichkeit häufig kontrovers geführten Abwägungsprozess, ob ein Krematorium gebaut werden soll oder nicht, kann sie eine große Hilfe sein.

Inwieweit und mit welchem Aufwand die Regelungen zur Bewertung von CO-Grenzwertüberschreitungen in den einzelnen Anlagen umgesetzt werden können, müssen die zukünftigen Emissionsauswertungen zeigen. Mit den heute in vielen Krematorien bereits eingesetzten Emissionsmesswerterfassungssystemen, die auch kurzzeitige CO-Emissionsspitzen von 3000 mg/Nm³ erfassen, lassen sich die Vorgaben nur durch umsichtiges Handeln aller Beteiligten erfüllen.

Bezüglich der unter Abschnitt 3 beschriebenen Problematik mit Quecksilber werden weitere Untersuchungen als sinnvoll erachtet. Diese Untersuchungen sollten u.a. folgende Fragestellungen im Fokus haben:

- Welche Quecksilbermengen werden durch deutsche Krematorien pro Jahr insgesamt freigesetzt?
- Wie wird sich diese Emissionsfracht in den nächsten Jahren entwickeln?
- Welche Quecksilberminderungsverfahren sind für Krematorien technisch und wirtschaftlich geeignet?
- Wie kann eine Überwachung der Quecksilberemissionen ohne eine aufwändige kontinuierliche Messung erfolgen?

Abhängig von den Ergebnissen dieser Untersuchungen und der möglichen Entscheidung des Gesetzgebers, zukünftig auch für Quecksilber einen Grenzwert einzuführen, muss die VDI-Richtlinie evtl. schon vor der üblichen Überprüfungsfrist novelliert werden, um Minderungstechniken und Überwachungsmöglichkeiten zu ergänzen, die auch bei unvorhersehbar hohen Quecksilbereinträgen die sichere Einhaltung eines solchen Grenzwertes gewährleisten.

5. Danksagung

Den an der Erstellung der aktuellen Fassung der VDI 3891 beteiligten Experten sei an dieser Stelle für ihr ehrenamtliches Engagement nochmals gedankt.

6. Literatur

- /1/ Verordnung über Anlagen zur Feuerbestattung - 27. BImSchV - vom 19. März 1997 (BGBl. I S. 545), zuletzt geändert durch Artikel 10 der Verordnung vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973).
- /2/ VDI 3891: 2015-07 Emissionsminderung - Anlagen zur Humankremation (Emission control – Human cremation facilities). Berlin: Beuth Verlag.
- /3/ Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002.
- /4/ VDI 1000: 2010-06 VDI-Richtlinienarbeit; Grundsätze und Anleitungen (VDI Guideline work; Principles and procedures). Berlin: Beuth Verlag.
- /5/ Schetter, G., Djeradi, B.: Handbuch für bayerische Krematorien, ISBN 978-3-936057-38-6, 2013.
- /6/ Schetter, G., Plegnière, P.: Aktualisierung der VDI-Richtlinie 3891 – Anlagen zur Humankremation, FVB-Verlag, ISBN 978-3-936057-54-6, 2016.
- /7/ Schetter, G.: Quecksilberemissionen aus Krematorien, VDI-Berichte Nr. 2272, 2016: VDI-Verlag, Düsseldorf.
- /8/ Schetter, G.: Untersuchung der Möglichkeiten und Auswirkungen der Temperaturabsenkung in der Nachbrennkammer bei der Einäscherung in Krematorien, Schlussbericht der Schetter GmbH & Co. KG, Forschungsvorhaben Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), AZ 26847, Januar 2010, Osnabrück.
- /9/ Schetter, G.: Influence of reduced post combustion temperature on CO and PCDD/F concentration in flue gas from incinerators – demonstrated in cremation systems; 26th Int. Symposium on Transport Phenomena, 27th Sept. –1st Oct. 2015, Leoben, Austria.
- /10/ Poppitz, W.: „Überwachung von Anlagen der 27. BImSchV; aktuelle Probleme bei Betrieb, Funktionsprüfung und Kalibrierung“; Ergebnisse einer Arbeitsgruppe, Stand 2010-06, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Referat 51 Luftqualität, Dresden, <http://www.smul.sachsen.de/smul/index.htm>
- /11/ Hummel, H.-J.; Wagner, D.; Kassens, J.; Poppitz, W.: Kontinuierliche Emissionsüberwachung, Statuserkennung und Klassierung, <http://www.umweltbundesamt.de/luft/messeinrichtungen/mg-bestimmung.htm>, August 2012.
- /12/ Djeradi, B.: Auswertung Klassierungsprotokolle in Bayern und Bewertung der CO-Emissionen, in „Krematorium – Abgas und Asche“, FVB-Verlag, ISBN 978-3-936057-56-0, 2016.
- /13/ Schmidt, I.: Sonderklassenzuordnung in Emissionsauswerterechnern der 27. BImSchV, in „Krematorium – Abgas und Asche“, FVB-Verlag, ISBN 978-3-936057-56-0, 2016.

- /14/ NF D80-001-3 : 2008-09 Särge - Leistungsvorgaben zur Kontrolle der Gebrauchstauglichkeit eines Sarges - Teil 3: Sarg-Kennzeichnung und Anforderungen für die Einäscherung. Paris: AFNOR
- /15/ Beckers, R.; Heidemeier, J.; Hilliges, F.: Kohlekraftwerke im Fokus der Quecksilberstrategie. In: 44. Kraftwerkstechnische Kolloquium, Dresden, 2012
- /16/ Mineur, M.; Söth, H.: Untersuchungen zur Begrenzung von Quecksilberspitzen in Hausmüllverbrennungsanlagen. In: VGB-PowerTech, (8), 2015, p. 90-95
- /17/ Wiechmann, B.; Gleis, M.: Stand der Technik bei der Feuerbestattung in Deutschland und die Möglichkeiten einer Fortschreibung der 27. BImSchV – Ein aktueller Sachstandsbericht; Technische Sicherheit S. 59-64, Springer VDI Verlag; Oktober, 2011